





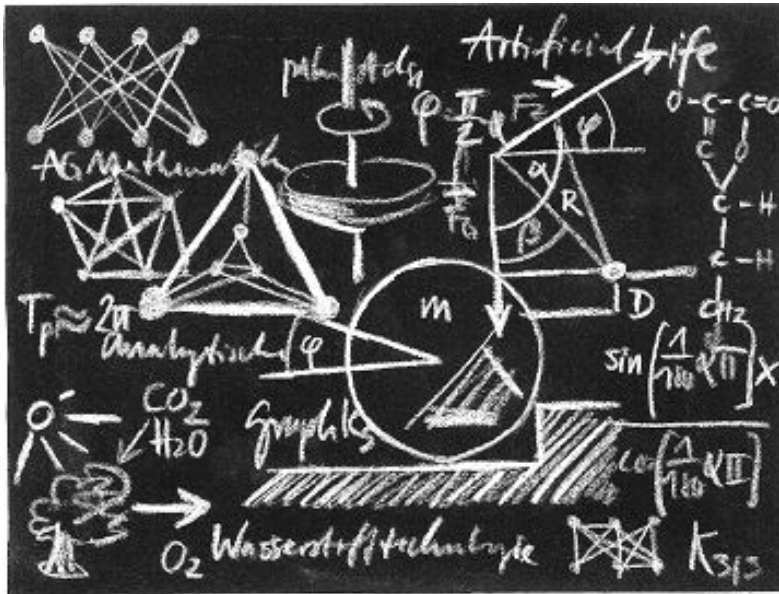
**Hochrhein-Seminar.de**  
für Mathematik und Naturwissenschaften  
Landesprogramm zur Förderung besonders befähigter Schülerinnen und Schüler

1997 - 2023

## **Bericht der Seminarleitung**



Regierungspräsidium Freiburg  
Abteilung 7 Schule und Bildung



Grafik von Matthias Sochor, Hochrhein-Gymnasium Waldshut

Redaktion:

Roland Goldau, Technisches Gymnasium Waldshut  
Tamara Hallmann, Klettgau-Gymnasium Tiengen

unter Mitarbeit der

Leiterinnen und Leiter der Arbeitsgemeinschaften  
sowie von Seminarschülerinnen und -schülern  
und mit freundlicher Unterstützung der Referentinnen und Referenten.

Herausgeber:

Regierungspräsidium Freiburg  
Abteilung 7 Schule und Bildung

Druck:

Regierungspräsidium Freiburg  
Abteilung 7 Schule und Bildung

## Inhalt

|   |    |
|---|----|
| VORWORT .....   | 3  |
| SEMINARBESCHREIBUNG .....                                 | 5  |
| Kontaktdaten  | 5  |
| Leitung des Seminars                                      | 5  |
| Kuratoriumsvorsitzender                                   | 5  |
| Kontaktlehrer   | 6  |
| Das Kuratorium  | 7  |
| DAS HOCHRHEIN-SEMINAR IM AKTUELLEN SCHULJAHR.....         | 8  |
| Oberstufe   | 8  |
| Unter- und Mittelstufe                                    | 8  |
| Ziele   | 8  |
| Statistik   | 9  |
| Anmeldezahlen und Geschlechterverteilung                  | 9  |
| Arbeitsgemeinschaften und Schulen                         | 11 |
| AG-Anmeldungen nach Klassenstufen                         | 12 |
| Flexibilität  | 12 |
| Mobilität   | 13 |
| Vorträge  | 13 |
| Datenschutz   | 14 |
| Kalender  | 15 |
| <br>  |    |
| Arbeitsgemeinschaften der Oberstufe                       | 17 |
| Biologie: „Biologie und Gesellschaft“                     |    |
| U. Faller, Scheffel-Gymnasium, Bad Säckingen              | 17 |
| Chemie: Die Chemie beeinflusst unser Leben                |    |
| S. Conrad, Hochrheingymnasium Waldshut-Tiengen            | 28 |
| Informatik: IoT-gesteuerte Geräte                         |    |
| H. Müller - Technisches Gymnasium Waldshut                | 29 |
| Mathematik: Von der Quadratpflanze zum Apfelmännchen      |    |
| H. Richter – Klettgau-Gymnasium Tiengen                   | 35 |
| Biologie: Molekularbiologische Projekte                   |    |
| Dr. C. Feller – Justus-von-Liebig-Schule Waldshut         | 38 |
| Physik: Bis an die Grenzen des Universums                 |    |
| M. Ehm, Justus-von-Liebig-Schule, Waldshut                | 48 |
| Arbeitsgemeinschaften der Unter- und Mittelstufe          | 53 |
| Chemie: Forschen-Entdecken-Experimentieren                |    |
| G. Fuchs – Technisches-Gymnasium Waldshut                 | 53 |
| Chemie: Wir erforschen unsere Welt                        |    |
| T. Pfeifer – Klettgau-Gymnasium Tiengen                   | 55 |
| Mathematik/Informatik: Spaß am logischen Denken           |    |
| S. Kintzi , M. Eichhorn – Hochrhein-Gymnasium Waldshut    | 58 |
| Physik: Physikexperimente zum Staunen                     |    |
| Dr. M. Ahlbrecht – Realschule im Bildungszentrum Bonndorf | 61 |
| <br>  |    |
| Abschlussveranstaltung der AGs                            | 64 |
| Unter- und Mittelstufe                                    | 64 |
| Oberstufe   | 64 |

|   |    |
|---|----|
| Vortragsreihe der Oberstufe   | 65 |
| trial and error? Wie funktioniert die Produktentwicklung von Fleischersatzprodukten?<br>Christina. Kendler Karlsruher Institut für Technologie (KIT)/<br>Lebensmittelverfahrens-technik (LVT) | 65 |
| Biomechanik des Springens und Sprintens von Weltklasseathleten mit Amputationen<br><i>Prof. Dr. Steffen Willwacher, Hochschule Offenburg,<br/>Fakultät Maschinenbau und Verfahrenstechnik</i> | 71 |
| Wie sollte man mit „Verschwörungstheoretikern“ diskutieren?<br><i>PD Dr. Andreas Edmüller, Ludwig-Maximilians-Universität, München</i>  | 72 |
| Die Sprache der Bienen<br><i>Prof. Dr. Jürgen Tautz, Biozentrum der Universität Würzburg,<br/>Bienenforschung Würzburg e.V.</i>   | 77 |
| Fluch der Dimensionen<br><i>Prof. Dr. Michael Junk, Fachbereich Mathematik und Statistik, Universität Konstanz</i>  | 86 |
| Vortragsreihe der Unter- und Mittelstufe  | 90 |
| Große Zahlen multiplizieren<br><i>Prof. Dr. Oliver Schnürer Universität Konstanz, Fachbereich Mathematik und Statistik</i>  | 90 |
| Grundfragen der Kartografie und der Geoinformation<br><i>Dr. Hans Walser, Institut für Kartografie und Geoinformation ETH Zürich</i>  | 92 |
| Exkursionen   | 95 |
| Studienfahrt der Oberstufe  | 95 |
| Exkursion der Unter- und Mittelstufe  | 98 |

## Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

während es im letzten Jahr noch die verheerenden Überschwemmungen im Ahrtal waren, so kennzeichnen Hitzewellen, ausgetrocknete Flüsse, Dürre und Waldbrände in ganz Europa das Jahr 2022. Die spürbaren Auswirkungen des Klimawandels haben uns längst in der Gegenwart eingeholt. Um den rasanten Veränderungen des ökologischen Wandels entgegenzusteuern, ist in vielerlei Hinsicht ein politisches und gesellschaftliches Umdenken erforderlich.



Eine wesentliche Grundlage zur Ergreifung von zielgerichteten Maßnahmen sind wissenschaftliche Erkenntnisse zur Ursachenforschung und zur Entwicklung von nachhaltigen und klimafreundlichen Produkten und Technologien. Auf der Suche nach innovativen Lösungsansätzen sind Expertinnen und Experten in den MINT-Berufen in Forschungseinrichtungen und Unternehmen folglich gefragter denn je.

Um das Interesse und die Neugier an naturwissenschaftlichen und mathematischen Grundlagen und Zusammenhängen zu wecken, bedarf es einer möglichst frühen Förderung, die bereits in der Schullaufbahn beginnen sollte. Und hier setzt das „Hochrhein-Seminar für Mathematik und Naturwissenschaften“ an, das im Bereich der Schulen eine der zahlreichen Anstrengungen darstellt, diese Lücke zu schließen.

Das im Jahre 1997/98 gegründete Seminar bietet seit nunmehr 24 Jahren besonders begabten Schülerinnen und Schülern die einzigartige Chance, sich schon frühzeitig mit Wissenschaft, Forschung und Anwendung zu beschäftigen.

Mit seinem bewährten Förderkonzept unter der Leitung von Tamara Hallmann und Roland Goldau unterstützt das Seminar Kinder und Jugendliche in ihrer Entwicklung und ergänzt in dieser Form den bewährten naturwissenschaftlichen Unterricht an ihren Schulen. In schulklassenübergreifenden Kursen erfahren die Teilnehmenden mehr über umweltbedingte Zusammenhänge und physikalische, chemische oder biologische Grundlagen.

Das facettenreiche und schulartenübergreifende Angebot an Arbeitsgemeinschaften, Vortragsreihen und Exkursionen bietet Kindern und Jugendlichen hervorragende Möglichkeiten, interessante und vertiefende Einblicke in die Welt der Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik zu erhalten. Als Schulpräsident freue ich mich besonders darüber, dass dem naturwissenschaftlichen Interesse viel Raum durch Experimentieren und Erleben gegeben wird. Hier wird der Forschergeist der jüngeren Generationen immer wieder neu geweckt.

Mein großer Dank gilt all denen, die auch in diesem Schuljahr zum Gelingen des Hochrhein-Seminars beigetragen haben, allen voran der Leitung des Seminars,

den Kursleiterinnen und -leitern, den Organisatorinnen und Organisatoren und den externen Referentinnen und Referenten. Ihr Einsatz und Engagement leistet einen entscheidenden Beitrag, das Interesse der heutigen Schülergeneration an naturwissenschaftlichen Zusammenhängen zu fördern.

Und nun wünsche ich Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, viel Freude bei der Lektüre und spannende Einblicke in die große Vielfalt der durch das Hochrhein-Seminar angebotenen Projekte, Vorlesungen und Arbeitsgemeinschaften.



Thomas Hecht  
Schulpräsident, Regierungspräsidium Freiburg



## Seminarbeschreibung

Seit Beginn des Schuljahrs 1984/85 wird an den weiterführenden Schulen in Baden-Württemberg das "Programm zur Förderung besonders befähigter Schülerinnen und Schüler" durchgeführt. Im Rahmen dieses Programms hat die Abteilung "Schule und Bildung" des Regierungspräsidiums Freiburg zum Schuljahr 1997/98 für die Gymnasien des Landkreises Waldshut das "Hochrhein-Seminar für Mathematik und Naturwissenschaften" eingerichtet.

**Aufgabe des Seminars** ist die Förderung besonders befähigter Schülerinnen und Schüler in Mathematik und Naturwissenschaften. Die Teilnehmenden entscheiden sich für eine der angebotenen Arbeitsgemeinschaften mit besonderem Anspruchsniveau aus den Bereichen Mathematik, Physik, Technik, Chemie, Biologie oder Informatik. Gemeinsames Band für alle Seminarteilnehmer/innen ist eine Veranstaltungsreihe mit Vorträgen. Dieses Angebot wird durch Studienfahrten, Exkursionen und Wochenendseminare ergänzt und abgerundet.

**Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen des Seminars** kommen von allen allgemeinbildenden und beruflichen Gymnasien des Landkreises Waldshut. Besonders befähigten Schülerinnen und Schülern anderer Schularten steht das Seminar offen.

**Träger des Hochrhein-Seminars** sind das Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, die Stadt Waldshut-Tiengen und der Landkreis Waldshut. Unterstützt wird das Seminar von der Sparkasse Hochrhein und von der Universität Konstanz.

Ein **Kuratorium** begleitet die Arbeit des Seminars beratend.

Dort sind vertreten: das Kultusministerium, das Regierungspräsidium Freiburg, die Stadt Waldshut-Tiengen, der Landkreis Waldshut, die Universität Konstanz, die Sparkasse Hochrhein, das Staatliche Schulamt Lörrach sowie die beteiligten Gymnasien.

## Kontakt Daten

### Leitung des Seminars

|                 |   |  |
|-----------------|---|--|
| Roland Goldau   | Technisches Gymnasium Waldshut<br>Friedrichstr. 22 79761 Waldshut-Tiengen | E-Mail:<br>goldau@hochrhein-seminar.de   |
| Tamara Hallmann | Klettgau-Gymnasium Tiengen<br>Sudetenstr. 1, 79761 Tiengen                | E-Mail:<br>hallmann@hochrhein-seminar.de |

### Kuratoriumsvorsitzender

|                               |  |                                |
|-------------------------------|--|--------------------------------|
| OSTD Dr. Manfred Römersperger | Klettgau-Gymnasium<br>Sudetenstr. 1, 79761 Tiengen | E-Mail:<br>schulleitung@kgt.de |
|-------------------------------|--|--------------------------------|

## Kontaktlehrer

Sarah Conrad  
(Sek II)

**Hochrhein-Gymnasium Waldshut,**  
Waldtorstr. 8, 79761 Waldshut  
Tel. 07751-833-271, E-Mail: [conrad@hochrhein-seminar.de](mailto:conrad@hochrhein-seminar.de)

Ulf Faller  
(Sek I, II)

**Scheffel-Gymnasium**  
Untere Flüh 4, 79713 Bad Säckingen  
Tel.: 07761/9298-30, E-Mail: [Faller@scheffeligym.de](mailto:Faller@scheffeligym.de)

Roland Goldau

**Technisches Gymnasium Waldshut**  
Friedrichstr. 22, 79761 Waldshut  
Tel.: 07751 884 400, E-Mail: [goldau@hochrhein-seminar.de](mailto:goldau@hochrhein-seminar.de)

Tamara Hallmann

**Klettgau-Gymnasium**  
Sudetenstr. 1, 79761 Tiengen  
Tel.: 07741/833-531, E-Mail: [hallmann@hochrhein-seminar.de](mailto:hallmann@hochrhein-seminar.de)

Susanne Kintzi  
(Sek I)

**Hochrhein-Gymnasium Waldshut**  
Waldtorstr. 8, 79761 Waldshut  
Tel. 07751/833-271, E-Mail: [kintzi@hochrhein-seminar.de](mailto:kintzi@hochrhein-seminar.de)

Michael Ehm

**Justus-von-Liebig Schule Waldshut**  
Von-Kilian-Straße 5, 79761 Waldshut  
Tel.: 07751884 100, E-Mail: [Michael.Ehm@jls-wt.de](mailto:Michael.Ehm@jls-wt.de)

## *Das Kuratorium*

|   |  |
|---|--|
| Ministerium für Kultus, Jugend und Sport<br>Referat 37 - Allgemeinbildende Gymnasien,<br>Institute zur Erlangung der Hochschulreife | Regierungsschuldirektor Jan Wohlgemuth   |
| Regierungspräsidium Freiburg –<br>Abteilung Schule und Bildung  | Abteilungspräsident Thomas Hecht<br>Ltd. Regierungsschuldirektorin Claudia Bengel  |
| Stadt Waldshut-Tiengen  | Oberbürgermeister Dr. Philipp Frank  |
| Landkreis Waldshut  | Landrat Dr. Martin Kistler   |
| Fakultät für Physik der Universität Konstanz  | Professor Dr. Johannes Boneberg  |
| Sparkasse Hochrhein   | Peter Kaiser   |
| Allgemeinbildende Gymnasien   | Oberstudiendirektor Dr. Markus T. Funck<br><br>Oberstudiendirektor Bernd Rieckmann<br><br>Oberstudiendirektor Dr. Manfred Römersperger |
| Berufliche Gymnasien  | Oberstudiendirektor Frank Decker   |
| Staatliches Schulamt Lörrach  | Schulrätin Jasmin Kortüm   |
| Leitung des Hochrhein-Seminars  | Oberstudienrat Roland Goldau<br><br>Studienrätin Tamara Hallmann   |
| Vorsitzender  | Oberstudiendirektor<br>Dr. Manfred Römersperger  |
| Kassiererin   | Studienrätin Tamara Hallmann   |
| Kassenprüfer  | Oberstudiendirektor Dr. Markus T. Funck<br><br>Oberstudiendirektor Bernd Rieckmann   |

## Das Hochrhein-Seminar im aktuellen Schuljahr

### *Oberstufe*

In den Bereichen Mathematik, Biologie, Biologie und Gesellschaft, Physik/Astronomie, Chemie und Informatik konnten in diesem Jahr sechs Arbeitsgemeinschaften für die Oberstufe ausgeschrieben werden.

### *Unter- und Mittelstufe*

Im aktuellen Schuljahr konnten vier Arbeitsgemeinschaften in den Bereichen Mathematik, Physik und Chemie ausgeschrieben werden, die alle zum Schuljahresbeginn gestartet werden konnten. Der Ausfall einer AG-Leitung konnte durch eine Ersatzkraft kompensiert werden.

Die Arbeitsgemeinschaften für die Unter- und Mittelstufe bestehen seit Februar 2012. Von 2016 -2021 wurden ausschließlich gymnasiale Arbeitsgemeinschaften durchgeführt. In diesem Schuljahr konnte wieder eine nicht-gymnasiale AG in Bonndorf mit 8 Teilnehmenden angeboten werden.

### *Besonderheiten:*

*Bedingt durch die Entwicklungen der COVID-19-Pandemie und den dazu erlassenen Schutzmaßnahmen mussten die Arbeitsgemeinschaften unter wechselnden Hygienekonzepten und Kontaktbeschränkungen durchgeführt werden. Im Wesentlichen wurden über weite Strecken schulübergreifende bzw. jahrgangsstufenübergreifende Präsenzveranstaltungen (AGs und Vorträge) vermieden.*

*Die Vorträge konnten je nach Einzelfall in Präsenz - mit und ohne online-Zuschaltung- oder im reinen online-Format angeboten werden. Ein Referent hat das Angebot genutzt, seinen online-Vortrag mit technischer und personeller Unterstützung aus dem Schulgebäude heraus auszustrahlen.*

### *Ziele*

Ziel des Hochrhein-Seminars ist es, den hochmotivierten Schülerinnen und Schülern der weiterführenden Schulen ein ergänzendes Angebot im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich zu machen, das die Kinder und Jugendlichen an das wissenschaftliche Arbeiten heranführt und die Freude an Mathematik und den Naturwissenschaften fördert.

Schwerpunkte sind dabei:

- Forschen außerhalb des Schulalltags mit Gleichgesinnten
- freie wissenschaftliche Forschungsarbeiten für Interessierte
- flexible Leistungssteigerung
- problemlösendes Denken im Team
- selbstständiges Arbeiten
- Stärkung sozialer und kommunikativer Kompetenzen
- enge Kooperation mit Experten der Hochschulen und Forschungsinstituten der Industrie
- zielgruppenspezifische Projekte, um der Heterogenität der Kinder gerecht zu werden.

Im Begleitprogramm wird angeboten:

- eine Vortragsreihe über aktuelle naturwissenschaftliche Forschungen und Entwicklungen, zu denen auswärtige Referenten eingeladen werden

Die Planung der Exkursionen musste dieses Jahr pandemiebedingt weit in die Schuljahresmitte verschoben werden. Vorgesehen sind

- für die Unter- und Mittelstufe eine Exkursion in Naturschutzgebiet Feldberg
- für die Oberstufe anstelle der fünftägigen Studienfahrt nach München mehrere, AG-spezifische Exkursionen in die Region

Wir danken allen, die in diesem Jahr zum Gelingen des Hochrhein-Seminars beigetragen haben. Insbesondere danken wir:

- den Mitgliedern des Kuratoriums für die Unterstützung unserer Arbeit.
- Herrn Prof. Dr. Boneberg für die Vermittlung von Referenten.
- den Leiterinnen und Leitern der Arbeitsgemeinschaften für ihren engagierten Einsatz.
- den Teilnehmerinnen und Teilnehmern für ihre ausdauernde Mitwirkung unter den erschwerten Bedingungen.
- den staatlichen Einrichtungen, für deren zuverlässige Bereitstellung von online-Plattformen.
- den Referentinnen und Referenten unserer Vortragsreihe für die Einblicke in die aktuelle Forschung und die Flexibilität, die lange geplanten Vorträge je nach Pandemielage auf ein online-Format umzustellen.
- den Schulleitungen der beteiligten Gymnasien sowie den Kontaktlehrerinnen und Kontaktlehrern an den Schulen für ihre Kooperation und Hilfe.
- dem Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, dem Landkreis Waldshut, der Stadt Waldshut-Tiengen und der Sparkasse Hochrhein für die großzügige finanzielle Unterstützung.
- dem Regierungspräsidium Freiburg für den Druck dieses Jahrbuchs.

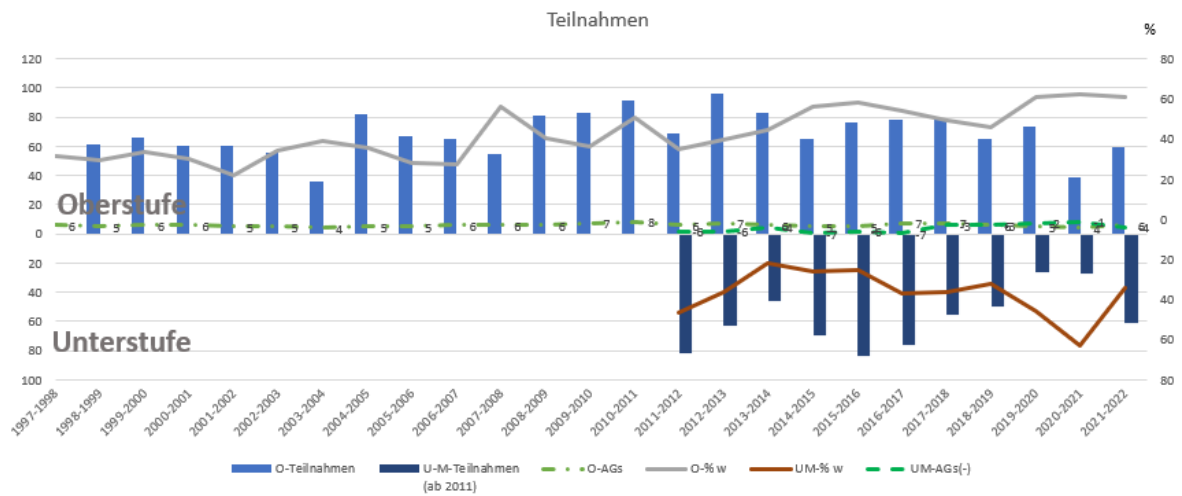
## *Statistik*

### **Anmeldezahlen und Geschlechterverteilung**

Die Anmeldezahlen in der **Oberstufe** nähern sich im zweiten Jahr der Corona-Pandemie mit 63 Anmeldungen langsam wieder den Anmeldezahlen an, die vor der Pandemie üblich waren (85->34->63).

Auch in der **Unterstufe** sind die Anmeldezahlen mit 63 Anmeldungen wieder spürbar angezogen (40->27->63).

**Insgesamt** bewegten sich die Anmeldungen für das Hochrhein-Seminar mit 126 Teilnehmeanmeldungen (120->66->126) wieder auf das Niveau vor Ausbruch der Pandemie, mit einem ähnlichen Anteil an Teilnehmerinnen (53%->62%->50%).



Der AG-Betrieb wurde schließlich zum Schuljahresbeginn mit **120 Teilnahmen** aufgenommen.

In der Oberstufe konnten die AGs mit insgesamt 59 Teilnahmen (73->39->59) bei einem Anteil von 61 % (61%->62%->61%) weiblicher Teilnehmerinnen gestartet werden.

In der Unter- und Mittelstufe starteten die AGs mit stolzen 61 Teilnehmern (26->27->61) bei einem allerdings stark abgefallenen Anteil von 34% weiblicher Teilnehmerinnen (46%->63%->34%).

## Arbeitsgemeinschaften und Schulen

### Oberstufe: Sechs Arbeitsgemeinschaften

in der Regel für Teilnehmer ab Klasse 10 (Gymn.)

| AG-Bezeichnung   | ausführende Schule       | Schulort          |
|--|--------------------------|-------------------|
| Biologie:<br>Biologie und Gesellschaft<br>(U. Faller)                        | Scheffel-Gymnasium       | Bad Säckingen     |
| Chemie:<br>Die Chemie beeinflusst unser Leben<br>(Sarah Conrad)              | Hochrhein-Gymnasium      | Waldshut-Tiengen  |
| Informatik:<br>IoT gesteuerte Geräte – intelligente<br>Geräte<br>(H. Müller) | Technisches Gymnasium    | Waldshut-Tiengen  |
| Mathematik:<br>Angewandte Mathematik<br>(H. Richter)                         | Klettgau-Gymnasium       | WT-Tiengen        |
| Biologie:<br>Molekularbiologische Projekte<br>(Dr. C. Feller)                | Justus-von-Liebig-Schule | Waldshut-Tiengen  |
| Physik:<br>Vom Urknall bis heute und zurück?!<br>(M. Ehm)                    | Justus-von-Liebig-Schule | Waldshut- Tiengen |

### Unter- und Mittelstufe: Vier Arbeitsgemeinschaften

| AG-Bezeichnung  | ausführende Schule  | Schulort         |
|---|---------------------|------------------|
| Chemie:<br>Forschen – Entdecken – Experimen-<br>tieren<br>(A. Blattmann, C. Zott, ab November<br>2021 G. Fuchs) | Hochrhein-Gymnasium | Waldshut-Tiengen |
| Chemie: Wir erforschen unsere Welt<br>(T. Pfeifer)  | Klettgau-Gymnasium  | WT-Tiengen       |
| Mathematik:<br>Spaß am logischen Denken<br>(M. Eichhorn, S. Kintzi)   | Hochrhein-Gymnasium | Waldshut         |
| Physik:<br>Physikexperimente zum Staunen<br>(Dr. M. Ahlbrecht)  | Realschule Bonndorf | Bonndorf         |

| Anzahl                            | Bad Säckingen | Tiengen   | Waldshut  | Bonndorf | Gesamtergebnis |
|-----------------------------------|---------------|-----------|-----------|----------|----------------|
| Gewerbliche Schulen Waldshut      |               |           | 7         |          | 7              |
| Hochrhein-Gymnasium Waldshut      |               |           | 50        |          | 50             |
| Justus-von-Liebig-Schule Waldshut |               |           | 14        |          | 14             |
| Klettgau-Gymnasium Tiengen        |               | 22        |           |          | 22             |
| Scheffel-Gymnasium Bad Säckingen  | 19            |           |           |          | 19             |
| Realschule Bonndorf               |               |           |           | 8        | 8              |
| <b>Gesamtergebnis</b>             | <b>19</b>     | <b>22</b> | <b>71</b> | <b>8</b> | <b>120</b>     |

**entsendende Schulen:**

### AG-Anmeldungen nach Klassenstufen

Fast alle Arbeitsgemeinschaften umfassen Teilnehmer und Teilnehmerinnen aus mehreren Klassenstufen und stellen somit in besonderer Weise ein klassenstufenunabhängiges Förderangebot im Sinne des Hochrhein-Seminars dar. Die Sondersituation der Realschule Bonndorf ist sicherlich durch die örtliche Situation (Landkreisrandgebiet) und die Einzigartigkeit (einzige teilnehmende Realschule) begründet.

| KlassenNr  | 5 | 6         | 7         | 8        | 9        | 10       | 11        | 12        | 13        | Gesamtergebnis |            |
|--|---|-----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------------|------------|
| <b>O</b>   |   |           |           | 2        | 4        | 18       | 24        | 16        | 1         | <b>65</b>      |            |
| Molekularbiologie: Molekularbiologische Projekt                  |   |           |           |          |          |          | 14        | 3         |           | 17             |            |
| Physik: Vom Urknall bis heute und zurück?!                       |   |           |           |          |          | 4        | 8         | 2         |           | 14             |            |
| Mathematik: Angewandte Mathematik                                |   |           |           | 2        | 4        |          |           |           |           | 6              |            |
| Informationstechnik: IoT gesteuerte Geräte - intelligente Geräte |   |           |           |          |          |          |           | 5         | 1         | 6              |            |
| Biologie: Biologie und Gesellschaft                              |   |           |           |          |          | 10       | 1         | 6         |           | 17             |            |
| Chemie: Die Chemie beeinflusst unser Leben                       |   |           |           |          |          | 4        | 1         |           |           | 5              |            |
| <b>UM</b>  |   | <b>36</b> | <b>14</b> | <b>5</b> |          |          |           |           |           | <b>55</b>      |            |
| Physik: Physikexperimente zum Staunen                            |   | 8         |           |          |          |          |           |           |           | 8              |            |
| Mathematik: Spaß am logischen Denken                             |   | 16        | 5         | 1        |          |          |           |           |           | 22             |            |
| Chemie: Forschen-Entdecken-Experimentieren                       |   |           | 6         | 4        |          |          |           |           |           | 10             |            |
| Chemie: Wir erforschen unsere Welt                               |   | 12        | 3         |          |          |          |           |           |           | 15             |            |
| <b>Gesamtergebnis</b>  |   | <b>36</b> | <b>14</b> | <b>5</b> | <b>2</b> | <b>4</b> | <b>18</b> | <b>24</b> | <b>16</b> | <b>1</b>       | <b>120</b> |

*Anmerkung: Die Klassenstufen 10-12 aus den G8-Gymnasien werden - wie die Klassenstufen 11-13 der beruflichen Gymnasien - der Oberstufe zugerechnet.*

Die geringen Teilnehmerzahlen aus den Klassen 8 und 9 sind mit den letzten Jahren vergleichbar. Dieser Effekt wird der entwicklungsbedingten Latenz der Pubertät zugeschrieben.

Die Anmeldungen in diesem Schuljahr wurden wieder über die Onlineplattform des Hochrhein-Seminars ([www.hochrhein-seminar.de](http://www.hochrhein-seminar.de)) ermöglicht. Der größte Teil der Schülerinnen und Schüler machte von dieser Anmeldemöglichkeit Gebrauch.

### Flexibilität

Durch die dem Pandemieverlauf angepassten Gruppenorganisationen sowie die technischen Möglichkeiten der online-Teilnahme war wieder eine erhöhte Teilnehmeranzahl (Zeilen) in der Oberstufe zu beobachten, die AG-Angebote anderer Schulen wahrnahmen (Spalten).



| AG_Schule                         | Hochrhein-Gymnasium Waldshut | Justus-von-Liebig-Schule Waldshut | Klettgau-Gymnasium Tiengen | Scheffel-Gymnasium Bad Säckingen | Technisches Gymnasium Waldshut | Realschule Bonndorf | Gesamtergebnis |
|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------|----------------|
| <b>O</b>                          | 5                            | 31                                |                            |                                  | 17                             | 6                   | 59             |
| Gewerbliche Schulen Waldshut      |                              | 1                                 |                            |                                  |                                | 6                   | 7              |
| Hochrhein-Gymnasium Waldshut      | 4                            | 13                                |                            |                                  | 1                              |                     | 18             |
| Justus-von-Liebig-Schule Waldshut |                              | 14                                |                            |                                  |                                |                     | 14             |
| Klettgau-Gymnasium Tiengen        | 1                            |                                   |                            |                                  |                                |                     | 1              |
| Scheffel-Gymnasium Bad Säckingen  |                              | 3                                 |                            | 16                               |                                |                     | 19             |
| <b>UM</b>                         | 22                           |                                   | 31                         |                                  |                                | 8                   | 61             |
| Hochrhein-Gymnasium Waldshut      | 22                           |                                   | 10                         |                                  |                                |                     | 32             |
| Klettgau-Gymnasium Tiengen        |                              |                                   | 21                         |                                  |                                |                     | 21             |
| Realschule Bonndorf               |                              |                                   |                            |                                  |                                | 8                   | 8              |
| <b>Gesamtergebnis</b>             | <b>27</b>                    | <b>31</b>                         | <b>31</b>                  | <b>17</b>                        | <b>6</b>                       | <b>8</b>            | <b>120</b>     |

In der Unter- und Mittelstufe werden bekanntermaßen überwiegend AGs an der eigenen Schule besucht. Dieses Phänomen wird ggf. durch die Pandemie verstärkt.

Durch eine Erziehungsurlaubsvertretung konnte eine UM-AG des Hochrheingymnasiums erfolgreich am Technischen Gymnasium vertreten und angeboten werden.

## Mobilität

|                       | Bad Säckingen | Tiengen   | Waldshut  | Bonndorf | Gesamtergebnis |    |
|-----------------------|---------------|-----------|-----------|----------|----------------|----|
| <b>O</b>              |               | 17        |           | 42       | 59             |    |
| Bad Säckingen         | 16            |           | 3         |          | 19             |    |
| Tiengen               |               |           | 1         |          | 1              |    |
| Waldshut              |               | 1         | 38        |          | 39             |    |
| <b>UM</b>             |               |           | 31        | 22       | 8              | 61 |
| Tiengen               |               | 21        |           |          | 21             |    |
| Waldshut              |               |           | 10        | 22       | 32             |    |
| Bonndorf              |               |           |           | 8        | 8              |    |
| <b>Gesamtergebnis</b> | <b>17</b>     | <b>31</b> | <b>64</b> | <b>8</b> | <b>120</b>     |    |

Ortsübergreifende Mobilität ist in diesem Jahr im Wesentlichen nur innerhalb der Doppelstadt Waldshut-Tiengen zu beobachten.

## Vorträge

In der Oberstufe konnten wieder fünf Vorträge mit externen Referenten angeboten werden, von denen drei „Wintervorträge“ im Online-Format durchgeführt wurden.

In diesem Jahr nahmen ca. 60% der OberstufenschülerInnen am ersten, Präsenz-/Vortrag (19/20: 52%, 20/21:50%) teil. Nach Wiederaufnahme des Präsenzbetriebs besuchten dann nur noch 30% der TeilnehmerInnen den angebotenen Abschlussvortrag.

Die online-Vorträge in den Wintermonaten der Pandemie wurden im Mittel durch 25% der bekannten Teilnehmerkennungen besucht. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Schüler teilweise in

selbstorganisierten Kleingruppen unter einer einzelnen Teilnehmerkennung an den online-Vorträgen teilnahmen, so dass eine höhere physische Teilnehmeranzahl angenommen werden muss.

Die online-Vorträge wurden auf der im wissenschaftlichen/universitären Umfeld gebräuchlichen Plattform „zoom“ durchgeführt. Schulischen Datenschutzerfordernungen wurde durch eine angepasste Zugangstechnik (rein browserbasiert, ohne Softwareinstallation) nachgekommen. Störungen und Abbrüche der Vorträge waren nicht zu verzeichnen.

In der Unter- und Mittelstufe konnten dieses Jahr zwei Vorträge angeboten werden, von denen einer im online-Format durchgeführt wurde. An beiden Vorträgen nahmen die TeilnehmerInnen der Realschule Bonndorf aufgrund der großen Entfernung per online-Zuschaltung teil. Beide Vorträge waren sehr gut besucht.

Die Kameras der TeilnehmerInnen waren nicht nur aus technischen, sondern auch aus Gründen des Schutzes der Privatsphäre deaktiviert.

### **Datenschutz**

Die Datenerhebung und -speicherung orientiert sich am gesetzlich geregelten schulischen Bedarf und Bestand. Daher waren nur sehr wenige persönliche Daten und Kontaktinformationen erforderlich. Die Löschung der Teilnehmerdaten erfolgt spätestens mit Veröffentlichung des Jahrbuchs im November des Folgeschuljahres.

Schülerfotos werden im Jahrbuch – falls überhaupt - nur mit unkenntlich gemachten Gesichtern abgebildet.

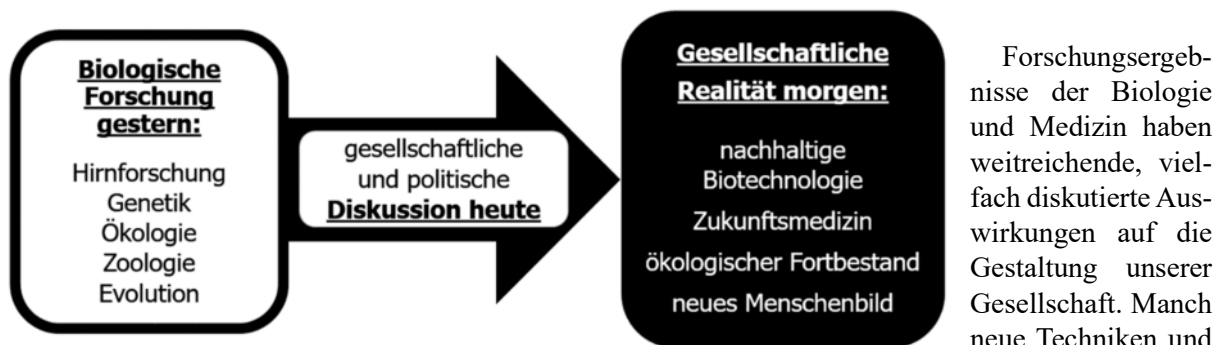




## Arbeitsgemeinschaften der Oberstufe

### Biologie: „Biologie und Gesellschaft“

U. Faller, Scheffel-Gymnasium, Bad Säckingen



Möglichkeiten betreffen individuelle Entscheidungen, andere gesetzliche Regelungen, um die im politischen Diskurs gestritten werden muss. Immer wieder geht es darum, „Pro- und Kontraargumente“ zu finden, diese auf ihre Stichhaltigkeit zu untersuchen und ihre Relevanz im Entscheidungsprozess zu gewichten. Es will gelernt sein, in einen offenen und kontroversen Dialog zu treten auch und gerade bei Fragen, die die moderne Biologie und Medizin aufwerfen. Im regulären Oberstufen-Biologieunterricht werden viele dieser Themen angestoßen. Doch meist fehlt die Zeit, sie ausführlich zu bedenken, um so zu ausgewogenen Stellungnahmen zu kommen. Hier setzte auch dieses Jahr der Kurs "Biologie und Gesellschaft" an.

Am diesjährigen neunten Kurs „Biologie und Gesellschaft“ haben 16 Schüler\*innen teilgenommen. Zwei weitere haben den Kurs vorzeitig verlassen. Acht Teilnehmende kamen aus der Klassenstufe 10, zwei aus der elften und sechs aus der zwölften Klassenstufe. Nach jedem Kurstag habe ich einige Aspekte aus der Diskussion zusammengefasst, so dass auch die, die einmal fehlen mussten, gut an die Gedankengänge anknüpfen konnten. Von diesen sei berichtet:

Wie gehen wir mit Klima(krise)leugnern um?

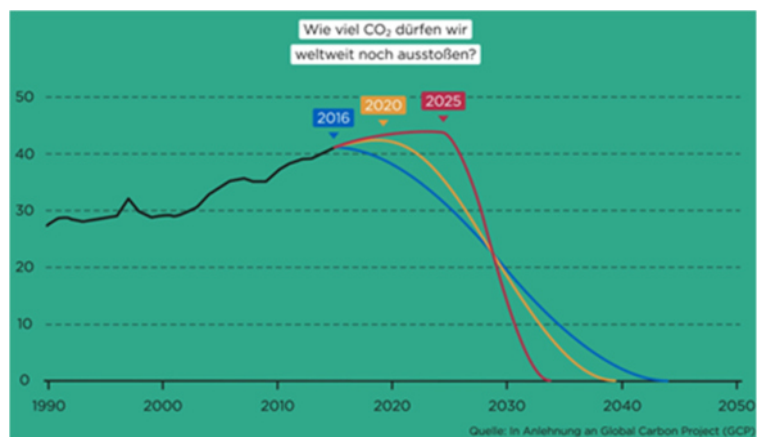
Da einige der Teilnehmenden im Rahmen der Fridays4future-Bewegung engagiert sind, haben wir einen Blick auf die im Netz sehr präsente Leugnerszene geworfen. Argumente wie: „CO<sub>2</sub> ist Pflanzennahrung (Fotosynthese) und führt damit zum Ergrünen der Erde“ (AfD-Wahlprogramm) mit dem Hinweis: „Wir müssen der Klima-Hysterie, der Wut- und Panikmache etwas entgegensetzen“ finden sich nicht selten. Was setzen wir diesen entgegen, woher kommt die Haltung? Sachlich entlarven sich die meisten Argumente schnell als Viertelwahrheiten oder pures Wunschdenken, das sich dem zunächst ungemütlichen Krisenmodus entgegenstellt, der konsequenter Weise auf die Anerkennung der Klimakrise folgen müsste, in der wir stecken.

So haben wir uns an folgendem AfD-Argument festgebissen: „Wir stoßen nur 2% des CO<sub>2</sub> weltweit aus. Daher hat es praktisch keinen Effekt, wenn wir uns so drastisch einschränken, wie vorgesehen.“ Das Argument lässt sich auf jede Ebene herunterbrechen bis auf das (Totschlag-)Argument: Mein persönliches Verhalten hat sowieso einen vernachlässigbaren Einfluss auf das Klima, warum soll ich dann...“ Oder umgekehrt: „Schreite Du erstmal voran in Sachen Klimaschutz, ehe Du mir auf politischen Weg Vorschriften/Verbote machen willst.“ An dieser Stelle wurde das Dilemma zwischen Bottom-up ( bei mir) und Top-down (Beginn beim politischen „Großen Ganzen“) deutlich.

Wollen wir das Klimaziel des Pariser Klimaabkommens noch einhalten, steht uns nur noch ein „Restbudget“ an Treibhausgasemissionen zu. Wie soll dies verteilt werden? Gießkannenprinzip auf alle Menschen? Gibt es gute Argumente für eine Differenzierung? Hieran entzündete sich unsere Diskussion. Nun muss man festhalten, dass naturgemäß Länder in unterschiedlichen klimatischen Regionen verschieden dastehen (Heizen/Kühlen). Zudem stehen sie an unterschiedlichen Positionen ihrer wirtschaftlichen Entwicklung. Damit ist das Gießkannenprinzip durchaus fragwürdig. Allerdings gibt es wirtschaftlich unterentwickelte Regionen, die ihren Lebensstandard noch auf ein im 21. Jahrhundert angemessenes Niveau heben müssen (Gesundheitssystem, Bildung etc.) die zudem aktuell und historisch als Treibhausgasemittenten noch nicht ins Gewicht fielen. Sollen diese den Industrieländern gleichgestellt werden? Unbedingt aber ist ein Technologietransfer zukunftsweisender Technologie in Entwicklungs- und Schwellenländer schon deshalb Pflicht, als die heutigen Industrieländer so ihren sich über Jahrzehnte summierenden CO<sub>2</sub>-Eintrag (etwas) rechtfertigen könnten.

Interessant wurde es bei der Frage, was die „große Transformation“ für jeden Einzelnen bedeutet und welchen „Transformationswillen“ oder besser „Transformationsdruck“ man jedem abverlangen muss. Hier fiel in der Diskussion das Stichwort: „Veränderungsangst“, das oftmals einer „Klimaangst“ entgegensteht. Erstere mag zunächst näher liegen, da sie kurzzeitige Veränderungen im Bereich der nächsten, überschaubaren Zukunft betrifft. Hingewiesen wurde darauf, dass wir evolutiv auf diese Ängste besonders konditioniert sind. Klimaangst allerdings bezieht sich auf große, ferner liegende Zeitabschnitte.

Wie aber soll man mit Klimakrisenleugnern umgehen? Zu unterscheiden ist das persönliche Gespräch von einer „Netzdiskussion“ z.B. in sozialen Netzwerken. Sich bei Letzteren einzubringen schien allen als nutzlos und aussichtslos, da man sich hier in Meinungsblasen hereinbegibt, die gegenüber unpassenden Meinungen immunisiert sind. Vergebene Liebensmüh also, die Kraft verschwendet, die man besser dafür nutzt, Menschen, die grundsätzlich aufgeschlossen sind, für konsequenteres Handeln zu überzeugen. Anders ist je nach Persönlichkeit das direkte Gespräch. Hier ist allerdings die Frage, welche Argumentationsstrategie man wählt: Sachargumente sind dabei nicht unbedingt das Mittel der Wahl, wohl aber ein Nachfragen, was die Beweggründe für eine abwartende oder ablehnende Haltung den Klimafragen gegenüber sind. Hierbei kommt man auf einer anderen Ebene ins Gespräch, als wenn man mit Sachargumenten gegenhalten will.



Wie gehen wir mit der „Klimaangst“ um, die vor allem bei Jüngeren verbreitet ist?

Zunehmend wird unter Psychologen und Soziologen das Stichwort „Klimaangst“ thematisiert. Was ist darunter zu verstehen? „Klimaangst ist eine Sorge, dass der Klimawandel das eigene Leben bedroht oder in absehbarer Zukunft massiv einschränken wird und die generelle Angst, dass die menschliche Zivilisation oder das Leben auf der Erde in ernsthafter Gefahr ist.“ (Nach Hannah Klenk, die das Thema an der Universität Oldenburg erforscht hat. Interview auf Youtube).

Zunächst haben wir uns an den Fragen von Hannah Klenks Arbeit orientiert und unsere eigenen Befindlichkeiten diesbezüglich ausgelotet: Die Auswertung ergab, dass viele von uns Hilflosigkeit und Trauer um die leidende Natur empfinden, auch Wut anderen und Scham dem eigenen Tun gegenüber. Für alle wurde das Klima als Lebensthema ausgemacht, keiner würde sich wünschen, weniger sensibel für diesen Themenbereich zu sein. Hierbei wurde Angst um den Schwund der Natur (Artenrückgang, weniger Grün, Abholzungen) und Angst vor wirtschaftlicher und politischer Instabilität (Arbeitslosigkeit bis zu bürgerkriegsähnlichen Zuständen) besonders formuliert. Betont wurde, dass Engagement ein gutes Mittel gegen Angst darstellt: Gespräche, die zu Engagement und kleinen Schritten im eigenen Leben führen, wirken als Heilmittel. Wichtig ist, sich eine Zukunft vorzustellen, die auch unabhängig vom Klimadruck zu einer Transformation motiviert. Beispiele sind möglicherweise: autofreie Städte, naturnahe Landschaften, soziale Landwirtschaft ... . An solchen Bildern (soziologisch „Narrativen“) müssen wir arbeiten.

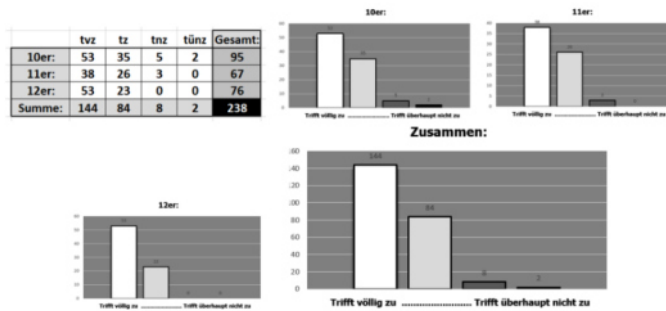
Aus der Arbeit entwuchs der Entschluss, die Schüler\*innen unserer Oberstufe in dieser Angelegenheit zu befragen. Hieraus ergab sich eine umfangreiche Befragung von 238 Schüler\*innen der Klassenstufe 10, 11 und 12 des Schefelgymnasiums mit 10 Fragen.

Hier drei Beispiele unserer Ergebnisse (tvz = trifft völlig zu, tz = trifft zu, tnz = trifft nicht zu und tünz = trifft überhaupt nicht zu):

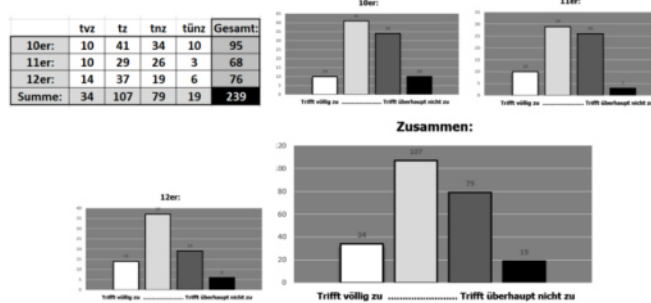
Zusätzliche Kommentare waren z. B.:

In meinen Augen wird das Thema Klimawandel von jüngeren Lehrern ernster genommen als von älteren.

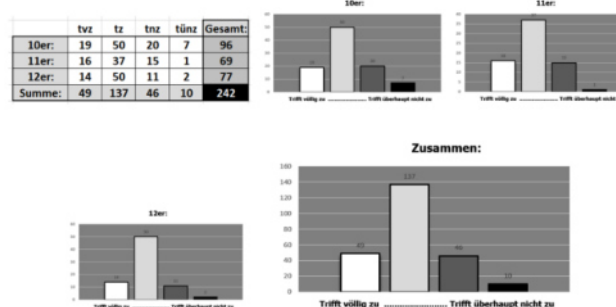
**2. Ich finde, die Klimakrise ist ein ernstes Problem:**



**3. Wenn ich an die Zukunft denke, fühle ich öfter Hilflosigkeit in Bezug auf die Klimakrise:**



**6. Ich wäre bereit konsequentere Maßnahmen gegen die Klimakrise mitzutragen:**



In meiner Klasse wird viel darüber geredet

Ich denke in der Schule Maßnahmen durchzuführen und Projekte (wenn auch nur kleine) bringt mehr, als zu diskutieren, wie schlimm doch alles ist

Die Umfrage blieb nicht ohne Konsequenzen: Im Rahmen eines pädagogischen Tages hat sich das Kollegium mit Veränderungen an unserer Schule beschäftigt und diese auch schon in die Wege geleitet!

Wie verlässlich ist unser Gedächtnis?

Es ist eine existentielle Größe, dass wir uns auf unser Gedächtnis verlassen können und täglich davon ausgehen, dass die Dinge so, wie wir sie uns erinnern, auch tatsächlich stattgefunden haben. Im Rechtssystem spielen Zeugenaussagen eine wesentliche Rolle. Doch: Wie sicher ist es, dass unsere Erinnerungen den Tatsachen entsprechen? Neuere Forschungen lassen hier erhebliche Zweifel aufkommen! Konsequenzen? Wir mussten reden!

Begonnen haben wir nach einigen Gedächtnisübungen mit einem filmischen Zeugenexperiment, was Zweifel eher unterstützte.



Die deutsch-kanadische Rechtspsychologin Julia Shaw hat in einer bahnbrechenden Studie gezeigt, dass es leicht möglich ist, im Rahmen einer Befragung sogar Erinnerungen an eine nichtbegangene Straftat einzupflanzen! Dies kann in der Rechtspraxis fatale Folgen haben, wie die berühmt gewordenen „Wormser Prozesse“ in einem Gerichtsprozess um Kindesmissbrauch im Extrem zeigte.

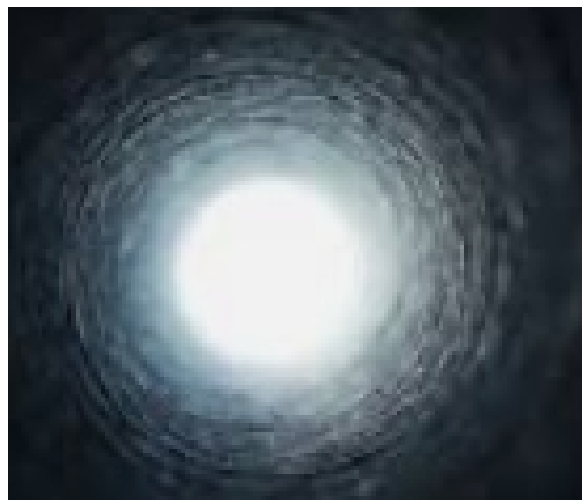
Bei der Verunsicherung taucht die Frage auf, ob es besser wäre, zehn Schuldige laufen zu lassen, als einen Unschuldigen zu verurteilen nach dem Grundsatz der Unschuldsvermutung! Unschuldig verurteilte gibt es immer wieder, auch in Deutschland, wie wir an einem Fallbeispiel erfahren haben. Um diese Frage entstand eine lebhaftige Diskussion mit letztlich offenem Ergebnis. Vielen war wichtig, zwischen schweren Gewalttaten und kleineren Delikten in dieser Frage zu unterscheiden. Auch bei schweren Gewalttaten muss zwischen vorsätzlichen Taten und solchen im Affekt unterschieden werden. Wenn es gilt, die Gesellschaft vor weiteren Schwerverbrechen zu schützen, ist ein unschuldig Verurteilter für einige Teilnehmende zu rechtfertigen. Gegen dieses Argument wurde aber auch Einspruch erhoben. Denn wenn man Justizirrtümer aus diesem Grund rechtfertigt, schwindet schnell das Vertrauen in den Rechtsstaat.

Kontrovers wurde auch über folgende Haltung diskutiert: „Erlebnisschilderungen anderer z. B. nach einem Urlaub, sind für mich uninteressant, weil sie zumeist in der Erinnerung verändert sind.“ Volle Zustimmung und Ablehnung dieser Haltung hielten sich die Waage. Sehr unterschiedliche Standpunkte also. Die positiven Stellungnahmen ließen sich darauf zurückführen, dass der hohe Entertainment-Wert lebhafter, wenn auch fiktiver Erzählungen gesehen wurde.



## Nahtoderfahrungen – Phänomene am Rande des naturwissenschaftlich Erforschbaren!

Auf Wunsch der Teilnehmenden haben wir uns einem Thema gewidmet, das sich naturgemäß reiner naturwissenschaftlichen Erkenntnis entzieht: Erfahrungsinhalten, von denen Menschen berichten, die ihrem Tod nahestanden. Fakt ist, dass es diese Erlebnisse gibt und sie nicht einmal selten sind. Da es sich um Bewusstseinsinhalte handelt, die wie jeder Bewusstseinsinhalt per se nicht objektiv, also aus der „Dritte-Person-Perspektive“ zu erfassen sind, entziehen sie sich der naturwissenschaftlichen Untersuchung – im Gegensatz zum Gehirn, dessen Vorgänge untersucht werden können. Fakt ist des Weiteren, dass diese Erlebnisse typische Inhalte haben, die kulturübergreifend vergleichbare Signaturen aufweisen, auch wenn sie mit kulturspezifischen Bildern gefüllt werden. Fakt ist auch, dass Menschen mit diesen Erlebnissen nicht Tod waren, sondern nur einen mehr oder weniger weit fortgeschrittenen Sterbeprozess erlebt hatten.



Die Frage nach dem Verhältnis von Gehirntätigkeit und Bewusstsein ist bis heute unbeantwortet. Ein Grund, weswegen sich Bewusstsein einer naturwissenschaftlichen Untersuchung entzieht, ist der, dass alle naturwissenschaftlichen Methoden in dem Sinne „objektiv“ sind, als sie „von außen“ auf ihr Untersuchungsobjekt schauen (3. Person-Perspektive). Das Bewusstsein ist hingegen von seiner Natur her „subjektiv“, das heißt es ist an einen Erlebenden gebunden, dem der Bewusstseinsinhalt bewusst ist (1. Person-Perspektive). Deshalb kann das Bewusstsein selbst der Naturwissenschaft nicht zugänglich sein.

Zum Verhältnis Gehirn und Bewusstsein gibt es zunächst zwei Interpretationsmöglichkeiten:

Entweder bringt das Gehirn als materielles, belebtes Organ, das den Naturgesetzen unterliegt, Bewusstsein hervor: Bewusstsein ist dann kausal abhängig von Hirnprozessen und beginnt irgendwann in der individuellen Entwicklung des Menschen bzw. erlischt mit dem Ende des Lebens. Eine wie auch immer geartete Existenz vor dem einzelnen Leben ist dann nicht denkbar genauso wenig wie eine Existenz danach. Jede esoterische oder religiöse Interpretation über ein metaphysisches „Danach“ ist so hinfällig. Kosmologisch bedeutet dies, dass alle bisherigen Vorgänge im Universum unbewusst abgelaufen sind und erst mit der Evolution von Hirnstrukturen Bewusstsein im Universum aufgetaucht ist und mit letzteren wieder verloren geht. In diesem Fall wären Nahtoderfahrungen Ausdruck eines (letzten) Aufbaus von Hirnprozessen.

Oder das Gehirn ist lediglich ein Vermittler zwischen Welt und Bewusstsein und umgekehrt. Dann könnte Bewusstsein auch eigenständig ohne ein Gehirn existieren. Nachtodliche oder vorgeburtliche Bewusstseinszustände wären dann genauso möglich, wie etwa eine wie auch immer geartete Reinkarnation (wiederholte Erdenleben). Nahtoderfahrungen könnten dann als erste „Jenseiterfahrungen“ interpretiert werden. Allerdings ist hierbei zu beachten, dass die Erfahrungsberichte immer aus der Erinnerung entstanden sind und damit in einer Übersetzung in die Bilderwelt des Berichtenden vorliegen. Interessant wäre es, hieraus den Kern des eigentlich Erlebten herauszuschälen.

Redlicher Weise müssen wir uns eingestehen, dass wir nicht wissen, ob ersteres oder zweites der Fall ist (siehe z.B. Bieri-Trilemma). Sich das einzugestehen und keine endgültige „Glaubens“-Entscheidung zu fällen ist damit der ehrlichste Umgang mit der „Leib-Seele-Frage“.

Zu diesem Fragenkomplex haben wir uns Ausschnitte aus Vorträgen und Interviews verschiedener Hirnforscher angeschaut, wie z. B. Christof Koch, der lange mit Francis Crick, dem Entdecker der Struktur der DNA, zusammengearbeitet hat, nachdem letzterer in die Hirnforschung gewechselt ist. Zudem von dem niederländischen Kardiologen Wilhelm van Lommel, der sich mit Studien zu den Nahtoderfahrungen hervorgetan hat. Deutlich wurde – wie soll es auch anders sein – dass es zwar mehr oder weniger überzeugende Argumente für beide Interpretationen der Nahtoderlebnisse gibt, aber letztlich keine hundertprozentig evident ist.

Mein Vorschlag war daher, zwei Narrative gegenüberzustellen, die für verschiedene Kulturen prägend sind: Die eher „westliche“ Sichtweise, dass unser Bewusstsein an unser aktuelles Gehirn gebunden ist und mit dem Tod sein Ende findet („Ein-Leben-Postulat“) und die eher „östliche“ Sichtweise, dass unser Bewusstsein (wie auch immer – da gibt es verschiedenste Interpretationen) durch wiederholte Erdenleben geht (Reinkarnation-Postulat).

Eine Frage für die Diskussion war, welche Gefahren wir in den beiden Postulaten sehen. Welchen „Wert“ das aktuelle (einzige?) Leben jeweils haben würde. Würde es seinen in unserer Gesellschaft oftmals „absoluten“ Stellenwert verlieren, wenn man davon ausgeht, in einem späteren Leben „weiterleben“ zu können. Oder würde es sogar an Wert gewinnen, da man sich fragen muss, in welcher Situation in anderen Ländern und Lebensumständen eine/mehrere weitere Inkarnation(en) stattfänden und damit die „besonders günstigen aktuellen Umstände“ bewusstwürden, die es auszunutzen gälte. Beides könnte wohl Folge sein.

Wie sähe es mit der Praxis aus, am Ende des Lebens mit allen medizinischen Mitteln am Leben festzuhalten und durch High-Tech-Medizin das Leben so lange es möglich ist aufrecht zu erhalten. Würde man mit dem Sterben gelassener umgehen, also dem Schicksal eher seinen Lauf lassen? Wäre das schlecht? Auch Ängste und Begrenzungen könnten mit dem Reinkarnations-Postulat gelassener getragen werden, da die innere Existenz über die Insel des Hier und Jetzt erweitert wäre.

Eine weitere Frage war, wie sich die beiden Narrative auf die Art auswirken, wie wir miteinander umgehen? Vielleicht würde man für mehr Gleichheit in der Welt eintreten, da man dadurch auch das Schicksal einer potentiellen nächsten Inkarnation positiv beeinflusst? Aber es wurde auch die Gefahr von Machtmissbrauch gesehen: Reinkarnation als Drohkulisse, mit der sich Machtstrukturen etablieren können.

Die Frage tauchte auf, ob eine kollektive Reinkarnations-Überzeugung einen Beitrag dazu leisten könnte, mit der Erde nachhaltiger umzugehen. Soweit ich wahrgenommen habe, wurde das mehrheitlich bejaht. Auch wenn hier eine egoistische Motivation ins Spiel kommt (ich könnte ja betroffen sein). Aber alles, was hilft – hilft. Insofern ist es vielleicht nicht schlecht, dass Reinkarnations-Vorstellungen auch in unserem Kulturkreis wieder mehr an Boden gewinnen.

Organspende: Widerspruchslösung angesichts des akuten Organmangels?

Das Thema Nahtoderfahrungen und der Umgang mit Sterben und Tod hat uns zu einem pragmatischeren Thema geführt, das uns alle angeht: Die Frage nach der Praxis der Organspende. Zwei Fragestellungen haben uns beschäftigt: Zum einen die Hirntoddefinition, die auch in Fachkreisen zunehmend auf Kritik stößt und die Frage nach der sogenannten Widerspruchslösung, nach der jeder ein Organspender ist, der sich nicht eindeutig gegen die Organspende positioniert hat.

Ich war einigermaßen überrascht, wie hoch bei den Teilnehmenden die Widerspruchslösung favorisiert wurde, auch nach der Diskussion waren noch 12 gegen 1 Stimme für dieses Verfahren, wie es z. B. in Österreich und Frankreich gehandhabt wird. Erste Argumente gingen dahin, dass diejenigen, die sich zu Lebzeiten nicht positionierten, zu „faul“ gewesen seien und daher mit den Konsequenzen zurechtkommen müssten. Allerdings kann man schon fragen, was hinter dieser „Faulheit“ steht, da z. B. so unsere Diskussion nicht jeder das Bildungsangebot hat, das ihn zu einer hinreichenden Auseinandersetzung befähigt. Diesbezüglich kam die Frage auf, ob dies nicht auch eine Frage sei, die in der Schule angemessen diskutiert werden sollte. (Es ist z. Zt. nicht Lehrplanthema des Biologieunterrichtes.)



In Deutschland gilt die sogenannte „erweiterte Widerspruchslösung“, nach der die Angehörigen stellvertretend für den Sterbenden über eine Organentnahme entscheiden können und müssen, wenn dieser sich zu Lebzeiten nicht geäußert hat. In dieser Frage wurden erhebliche Zweifel geäußert, da Eltern/Angehörige in einer emotional höchst belastenden Situation mit einer Entscheidung möglicherweise überfordert sind. Zudem muss man unterscheiden, wie alt der Tote ist: Auch medizinisch hat zu Lebzeiten jeder das letzte Wort über seine medizinische Behandlung selbst zu treffen. Und ab 14 Jahren geht man davon aus, dass diese Entscheidungsbefugnis jeder Einzelne in letzter Konsequenz auch treffen kann. Warum sollte das im Todesfall anders sein? Spätestens ab 14 ist man auch im vollen Umfang religionsmündig und damit sollte die Entscheidung dem Menschen zu Lebzeiten abverlangt werden. Aber in welcher Form? Eine Idee war der Kinderarzt, eine andere eben die Schule, die dieses Thema auf der Agenda haben sollte.

Nun warfen wir einen Blick auf die Organempfänger. Ein Einspieler, der einen jungen Menschen zeigte, der mit einem fremden Herz lebt, macht deutlich, dass auch für die Organempfänger eine zwar leidfreiere, aber doch unnatürliche Lebenssituation entsteht. Die Notwendigkeit, Abstoßungsreaktionen zeitlebens zu unterdrücken ist nur ein biologischer Ausdruck hiervon. Es ist von oft auftretenden psychischen Problemen und Persönlichkeitsveränderungen bei Organempfängern und einem ungeklärten Verhältnis zwischen Empfängern und Spendern zu hören. Das wird meist verschwiegen. Die Frage war, wie sich das Verhältnis von Spendern (Angehörigen) und Empfängern gestalten sollte. Sollten Organempfänger etwas über das Leben des Spenders erfahren dürfen? Sollte ein Kontakt der Empfänger mit den Spenderangehörigen möglich sein? Sollte es möglich sein, als Organspender Vorgaben zu machen, wem ein Organ gespendet werden darf?

Dass ein Kontakt zwischen Empfänger und den Angehörigen der Spender grundsätzlich möglich sein sollte, wurde mehrheitlich befürwortet. Allerdings nur, wenn beide Seiten ausdrücklich zustimmen. Auch sollte eine Zeitspanne der Trauer abgewartet werden, ehe aus einer gewissen Distanz heraus ein Kontakt ermöglicht würde. Getragen sollten die Begegnungen von Respekt vor dem Spender. Vorgaben allerdings sollten, da war sich die Runde einig, grundsätzlich ausgeschlossen werden. Schon um Diskriminierung keinen Vorschub zu leisten. Das Kriterium der Dringlichkeit sollte immer im Vordergrund stehen.

### Xenotransplantation

Ein Forschungszweig und erste Erfahrungen an menschlichen Patienten lassen eine neue Lösung für

das Problem des Organmangels am Horizont auftauchen: Die Xenotransplantation.

Einer Schweinerasse, die an Größe und weiteren Eigenschaften dem Menschen nahesteht, wurden hierfür einige wichtige Gene manipuliert, sodass es möglich ist, ihr Herz im Bedarfsfall einem Menschen zu transplantieren. Einer ersten Rundäußerung zur Folge konnten sich einige Teilnehmende gut vorstellen, ein solches Herz im Bedarfsfall für sich in Anspruch zu nehmen. Allerdings wurde die Xenotransplantation in dem Fall nicht als ethisch vertretbarere Organquelle gesehen, wenn ein Sterbender mit ausgefallenen Hirnfunktion zur Verfügung steht. Argument: Der Hirntote ist tot, seine Organe damit „frei“, während man ein Schwein dafür erst töten müsste. Hier steht Leben gegen Leben. Nur ein Votum zog in Erwägung, dass man die Kritikpunkte gegen die heutige Praxis bei der Organspende mit einer ausschließlichen Verwendung von Schweine-Organen umgehen könnte und die betroffenen Sterbenden (Hirntoten) in Frieden sterben lassen könnte. Das spräche für die Xenotransplantation.



Einmal mehr ergibt sich aus der Selbstverständlichkeit, mit der wir die Xenotransplantation erforschen und als medizinische Praxis für gerechtfertigt halten, die Frage nach unserem Verhältnis zu Nutztieren: Welche Argumente geben uns das Recht, hochentwickelte soziale und uns evolutiv nahestehende Tierarten so selbstverständlich für unsere Bedürfnisse auszunutzen, ja auszubeuten und um ihr Leben zu bringen? Natürlich müssten diese Argumente auch die Tierhaltung oder Massentierhaltung rechtfertigen. Was also lässt uns das Leid eines Menschen höher einstufen als das des ausgebeuteten Tieres?

Über diese Frage haben wir uns lange ausgetauscht. Als Lebewesen stehen sich Schwein und Mensch zunächst gleichwertig gegenüber, allerdings wurde es als legitim angesehen, dass wir aus der Perspektive des Menschen das Leben unserer Artgenossen als höherwertig ansehen, als das eines Schweines. In der Philosophie nennt man diese Position „Speziesismus“. Jeder Art sei dabei anheimgestellt, den eigenen Vorteil über den einer anderen Art zu stellen – auch auf die Gefahr hin, dass wir (Science-Fiction: in ferner Zukunft) anderen Spezies unterlegen sind, die ggf. uns als Nutzorganismen gebrauchen. Wir würden uns, so die nicht unumstrittene Vermutung, aber wehren, was Schweine aber nicht machen. Insofern würde uns im Sinne des Rechtes des Stärkeren eine Rechtfertigung unserer Überordnung über das Schwein zustehen. Niemand allerdings würde aus dieser Position herleiten, dass wir im Rahmen der Tiernutzung dem Tier Leid zufügen dürfen, was z. B. bei der Massentierhaltung von Schweinen der Fall ist.

Leben, solange es das Herz begehrt?

Nach so langer Beschäftigung mit Tod und Organtransplantation haben wir uns der Frage gestellt, ob es sinnvoll ist, das menschliche Leben durch medizinische Eingriffe deutlich oder gar sehr deutlich zu verlängern. Geforscht wird weltweit in verschiedenen Laboren an dieser Möglichkeit. Umstritten ist, wie aussichtsreich diese Forschung wäre. Immerhin gibt es Säugetiere, die mehrere hundert Jahre alt werden können (Grönlandwale)! Ansätze hierfür gibt es mehrere, der bekannteste wäre, die Telomerverkürzung bei Mitosen der Stammzellen durch Aktivierung der Telomerase zu verhindern. Aber wie wünschenswert wäre ein solches Verfahren? Ja hat jeder Mensch gar das Recht, so lange zu leben, wie er oder sie es will und die medizinischen Möglichkeiten es zulassen? Müssen wir hierfür sogar die Forschungsmittel erhöhen, um diesem Recht nachzukommen? Fragen, die sich durchaus stellen!



Ein erster Gedankenaustausch zeigte, dass für die Hälfte von uns die bestehende Alterserwartung akzeptabel ist. Die andere Hälfte konnte sich eine auch deutliche Erhöhung vorstellen. Argumente: „Alt werden nimmt der Gegenwart den Wert.“ „Es soll uns niemand auf Grund unseres übermäßigen Alters zukünftig ablehnen.“ „Man stagniert, wenn man älter wird.“ Man möchte die Fortschritte in Raumfahrt und Physik erleben.“ „Zeitzeugen würden länger zur Verfügung stehen.“ „Diktatoren leider auch.“ Nach näherer Beschäftigung über einige Einspieler (aus den Wissenschaftsnachrichten „Nano“ und Quarks und Co) entspann sich eine lebhaft Diskussionsrunde. Hier einige Argumente, die vertreten wurden: Die These „da jeder Mensch das Recht hat, so lange zu leben, wie er oder sie es will“ beinhaltet auch das Recht, das Leben auf Wunsch früher zu beenden. Damit tut sich hier die Sterbehilfedebatte auf! Es wurde aber gesehen, dass die Lebensverlängerung gravierendere Bedenken hervorruft, da sie für alle Menschen Konsequenzen hat (Lebensraum!), während die Sterbehilfe nur für das Umfeld des Sterbewilligen relevant ist bzw. auch für diejenigen, die einen Suizid erleben müssten. Lebensverlängerung ist keinesfalls erstrebenswert zumindest solange wir einen so zerstörerischen Lebenswandel führen.

Auch mit der Organtransplantationsmedizin oder der Intensivmedizin betreiben wir schon Lebenszeitverlängerung – warum nicht auch allgemein?

Es ist ein Unterschied, ob wir über unser biologisches Potential hinaus verlängern oder innerhalb. (Dieses liegt wahrscheinlich bei etwa 120 Jahren.)

Lebenszeitverlängerung für einen großen Teil der Bevölkerung müsste eine verstärkte Geburtenkontrolle nach sich ziehen, da nicht unbegrenzt Lebensraum zur Verfügung steht. (Frage nach der Tragfähigkeit der Erde.) Folge: Die Alten nehmen den Jungen das Lebensrecht weg!

Entsteht hieraus eine negative Einstellung den Älteren gegenüber?

Das führte zur Frage, welchen Wert alte Menschen in der Gesellschaft haben.

Positiv wurde gesehen, dass alte Menschen mehr Lebenserfahrung haben und in die Gesellschaft mit einbringen können. Sie sind zudem Zeitzeugen, die historische Erfahrungen wachhalten.

Dem steht entgegen, dass die prägende Jugend zwangsläufig weit zurückliegt und die gesellschaftlichen Werte oft fundamental andere waren: Bleiben ältere Menschen nicht flexibel, was oft der Fall ist, bremsen sie mit konservativem Denken den Fortschritt der Gesellschaft. (Akzeptanz sexueller Vielfalt, Aufbrechen rassistischer Ressentiments etc.)

Daraus ergeben sich natürlich auch politische Fragen, wie die nach dem Gewicht der Stimmen Älterer im Gegensatz zu denen der Jüngeren bei Wahlen!

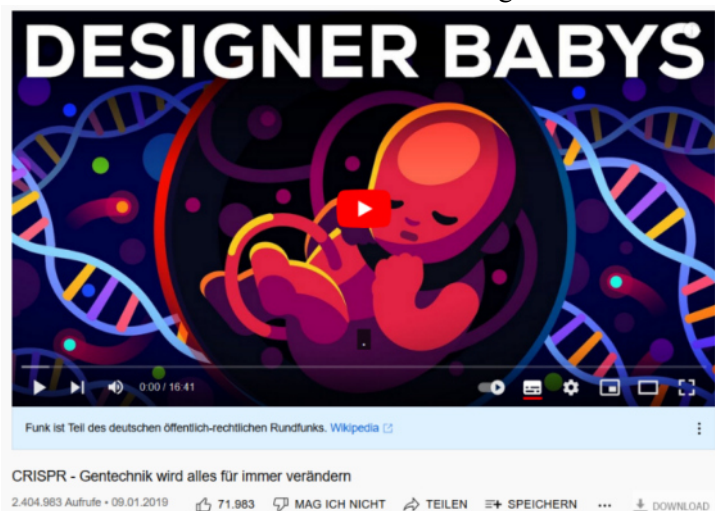
Die Zusammensetzung der Bevölkerung würde sich dauerhaft zu Gunsten der Alten verändern mit möglicherweise ausbremsendem Effekt, was die kulturelle Entwicklung angeht.

Zukunftsvisionen der Gentechnik: Realistisch? Verführerisch? Oder einseitiger Blick auf die Zukunft des Menschen?

Im Zuge der Recherchen zur Lebenszeitverlängerung bin ich auf einen viel beachteten Beitrag des YouTube-Kanals „Funk“ des öffentlich-rechtlichen Rundfunks gestoßen. Siehe Bild. Es ging um gentechnische Zukunftsvisionen, die angeblich unausweichlich sind. Mit fast 2.500.000 Aufrufen scheinen diese Gedanken auf Resonanz zu stoßen. Uns interessierte, welchen Stellenwert dieses Narrativ des ewigen (gen-)technischen Fortschrittes hat oder haben sollte. Wir haben den Beitrag auf uns wirken lassen und dann über folgende Fragen diskutiert:

Was sagen Sie zu der Gleichung: Kultureller/zivilisatorischer Fortschritt = technologischer Fortschritt?

Die Diskussion entfaltete sich zwischen den beiden Polen: Die Gleichung stimmt, da technologischer Fortschritt als Schrittmacher des zivilisatorischen Fortschritts fungiert und sie stimmt nicht, da zivilisatorischer Fortschritt wohl eher z. B. in ethischen Aspekten zu sehen ist, wie Akzeptanz von Minderheiten, Überwindung der Sklaverei, Gleichstellung der Frau und ein nachhaltiges Zusammenleben mit der Natur. Gerade letzteres wird durch viele Hochtechnologien eher fragwürdig. Letztlich bedingt das eine das andere und wir haben ein Wechselspiel zwischen technischen Innovationen und in Folge auch Veränderungen des kulturellen Miteinanders. Man denke an die Rolle des Internets als Informationsquelle.



„Irgendwann wird man argumentieren, dass es unethisch wäre, Gentechnik nicht einzusetzen! Man würde sonst Kindern den Segen der Gentechnik verweigern und sie Krankheiten und Tod aussetzen.“ Sehen Sie das auch so?

Das Argument wird, so die Meinung der meisten, kommen. Gerade wenn es um Vermeidung und Bekämpfung von Krankheiten geht, wird es durchschlagend sein. Auseinander gingen die Einschätzungen bei genetischen Veränderungen, die an der Intelligenz, der „Schönheit“, Kraft usw. des Nachwuchses Veränderungen vornehmen würden. Da trat oft das Argument auf, wo in diesem Fall die Individualität bleibt, die gesellschaftliche Innovation? Normvorstellungen würden sich bis ins Genom auswirken und das Besondere und „Andere“ des Einzelnen verblassen lassen. Dabei würde der Grund, an sich selbst zu arbeiten, vielleicht nicht mehr gesehen – lassen sich die Probleme (z. B. das Gewicht) doch technisch lösen (Fettverdauung ausbremsen, s. Film). Hier wurde Unmut während der Diskussion erkennbar. Zum Glück ist es wohl nicht so, dass sich die Persönlichkeitsmerkmale allein aus den Genen herleiten, sondern sich aus einem komplexen Wechselspiel zwischen Gen, Umwelt, Erziehung, Biografie, Erfahrungen usw. ergeben. Hier wird deutlich, wie einseitig der Film letztlich ist.

Was macht diese Art Zukunftsvision mit Ihnen? Fehlen Ihnen hier Perspektiven? Für wie realistisch halten Sie das? Wem dient es? Gibt es andere gesellschaftliche Akteure, denen Sie ebenso viel Einfluss zuerkennen, wie technischer Innovation?

Es wurde in diesem Zusammenhang auch Skepsis deutlich. Schlussendlich wollten die meisten, dass die Entwicklungen in diesem Kontext noch Zeit brauchen, wenn Sie sich überhaupt als machbar erweisen. Denn getragen wird die Aussage des Films von der Überzeugung, dass Gene letztlich den Menschen bestimmen. Das allerdings stimmt schon mit dem heutigen Stand der Wissenschaft nicht überein und vermittelt ein sehr einseitiges Weltbild.

#### Abschlussthema: Pränataldiagnostik

An einer Stelle sind „Zukunftsvisionen der Gentechnik am Menschen“, wie sie in obigem Film entworfen wurden, schon Realität: Wir können mit sehr einfachen Mitteln (Bluttest) in der frühen Schwangerschaft viele genetische Anomalien, wie Trisomie 21, Turner-Syndrom (Frau mit X0, bis auf unterdrückter Pubertät und Unfruchtbarkeit gesund), Trisomie 13, Trisomie 18 (schwere Behinderung mit sehr geringer Lebenserwartung), Kleinwüchsigkeit, Herzfehler, Veranlagung zu Epilepsie oder Autismus mit einiger Sicherheit diagnostizieren. Man spricht von Pränataldiagnostik.

Vielen der Teilnehmenden ging es so, dass Sie mit diesem Thema ohne viel Vorlauf konfrontiert wurden – wie wohl oft auch in der entsprechenden Lebenssituation. Spannend war daher eine erste Rundüberlegung, spontan aus dem Bauch heraus zu überlegen, ob man in der frühen Schwangerschaft eine Untersuchung durchführen würde. Die meisten bejahten dies, aber nicht alle. Es gab auch die Position, dass man „der Natur ihren Lauf lassen sollte“ und sich auf das freuen würde, was da kommen möge. Argument bei den Befürwortern, man möchte sich auf die Aufgaben vorbereiten, die mit dem Kind auf einen zukommen.

Mit einigen Einspielern wurden uns Fakten und Hintergründe nähergebracht. (Z.B. Quarks und Co: „Warum Pränataldiagnostik auch schaden kann“).

Einen bitteren Beigeschmack bekommt das Thema, wenn man bedenkt, dass über 90% der Feten mit Trisomie 21-Diagnose abgetrieben werden, darunter auch die mit fälschlich positiver Diagnose. Das bedeutet, dass in Folge dieser Praxis auch Kinder abgehen, die sonst einen normalen Schwangerschaftsverlauf gehabt hätten. Trotzdem blieb die Mehrheit bei ihrer Zustimmung zum Test.

Man muss in dieser Frage zwei Blickwinkel

im Auge haben, den der werdenden Mutter (Vater) und den des noch ungeborenen Kindes. Unbestritten fordert ein Down-Kind die Eltern in besonderem Maße und es gibt Situationen, in denen die Betroffenen sicher sind, die hierdurch eintretende Situation nicht meistern zu können. Dass hier individuelle, auch (zumeist als tragisch erlebte) Entscheidungen z. B. zu einem Abbruch der Schwangerschaft zu akzeptieren sind, soll nicht in Frage gestellt werden. Aber die Realität zeigt, dass der Abbruch der Schwangerschaft für die allermeisten beinahe schon ein Automatismus wird. Das bedeutet auch, dass Down-Kinder und vor allem ihre Eltern noch weniger Akzeptanz in der Gesellschaft genießen. Hier – und das haben wohl alle gesehen – wird die Pränataldiagnostik problematisch, so groß auch das Verständnis im Einzelfall ist.



Aber, und das ist ein zweites Motiv, hier geht es auch um eine Haltung dem heranwachsenden Kind gegenüber: Extreme geäußerte Positionen waren „das Kind als Prestigeobjekt“ versus „das Kind, dem man einen Blankoscheck ausstellt“. Denn eine mögliche Trisomie21 oder andere genetische Besonderheiten sind ja nur eine mögliche „besondere Herausforderung“, der man sich als Eltern stellen muss und vielleicht noch nicht einmal die schwerwiegendste. Sollte man da wirklich mit der Haltung Kinder bekommen „schön, dass Du da bist, aber mach es mir nicht zu schwer“? Letztlich um diesen Punkt drehte sich unsere Diskussion über eine längere Strecke.

Was man erst aus der Perspektive eines Älteren weiß, wenn man die Erfahrung selbst gemacht hat: Man wächst auch in schwierige Aufgaben hinein, wenn man bereit ist, sich den Anforderungen zu stellen, die das Leben stellt. Und – und das war jedenfalls mein Argument – wie sich eine Situation tatsächlich anfühlt, wenn sie denn eintritt, davon kann man sich im Vorfeld letztlich keine Vorstellung machen.

Ich habe bei keinem herausgehört, dass durch die Pränataldiagnostik behinderte Kinder doch generell vermieden werden sollten, auch wenn diese für die Gemeinschaft z.B. finanziell eine stärkere Aufmerksamkeit benötigen als das Durchschnittskind. Und das ist gut so. Insofern kann man auch die Gewissheit hinterfragen, mit der die drastischen Zukunftsvisionen der letzten Stunde als „unausweichlich“ dargestellt wurden.

Dank

Auch dieses Jahr blicke ich auf sehr anregende Gesprächsrunden zurück. Gerade der offene Dialog zwischen mir als Vertreter der älteren Generation und den Jugendlichen erlebte ich wie auch in den letzten Jahren als sehr bereichernd. So bleibt mir, mich bei den Kursteilnehmer\*innen für die offene Diskussionsbereitschaft zu bedanken.

### **Chemie: Die Chemie beeinflusst unser Leben**

S. Conrad, Hochrheingymnasium Waldshut-Tiengen

Zu der AG hatten sich fünf Schülerinnen und Schüler jahrgangs- und schulübergreifend angemeldet. Trotz dieser kleinen Gruppe waren die Absprache zur Terminfindung sehr zeitintensiv, was vermutlich auch auf die Besonderheit zurückzuführen war, dass ich als Leiterin der AG aus Risikogründen nur online unterrichten durfte und somit auch jegliche Absprachen online stattfinden mussten.

Bei der Themenfindung waren sich die Schülerinnen und Schüler bei dem ersten Treffen allerdings sehr schnell einig. Das Interesse aller wurde bei dem Thema „Medizin“ geweckt, sodass gerade auch im Hinblick auf die Corona-Situation die Impfstoffe im Fokus standen. Zunächst wurden dann arbeitsteilig die fachlichen Hintergründe zur Wirkungsweise von Impfstoffen erarbeitet und gegenseitig präsentiert. So konnte bereits ein gutes Wissen über Impfstoffe erlernt werden, welches dann im Folgenden als Grundlage für die Einschätzung verschiedener Positionen der Gesellschaft herangezogen werden sollte. Die Positionen in der Gesellschaft zu diesem Thema waren durch eine Internetrecherche herausgearbeitet worden.

Leider konnte aus gesundheitlichen Gründen die AG nur bis November stattfinden, sodass eine detailliertere Auseinandersetzung und Diskussion über die verschiedenen Positionen ausfallen musste. Ebenso konnte durch die online-Situation keine Visualisierung der Arbeitssituationen in den AG-Zeiten durch Fotos erfolgen.

Ich bedanke mich sehr bei den Schülerinnen und Schülern über die motivierte und aktive, leider sehr kurze Teilnahme an der AG!



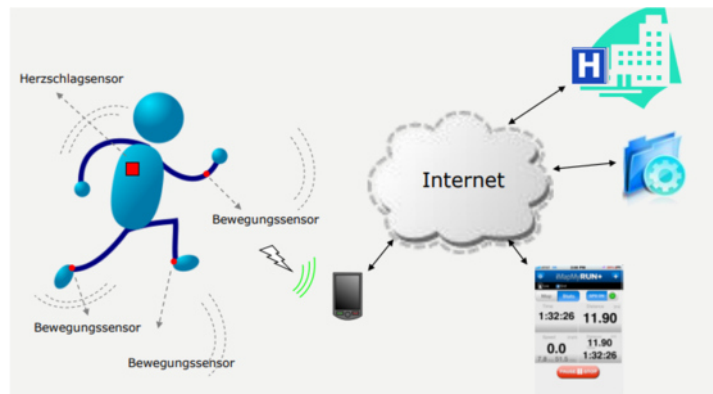
## Informatik: IoT-gesteuerte Geräte

H. Müller - Technisches Gymnasium Waldshut

### 1. Was bedeutet IOT?

6 Schüler aus dem Technischen Gymnasium befassten sich mit dem Thema IOT. IOT ist eine Abkürzung und steht für **Internet of Things**.

Die Abbildung zeigt ein Anwendungsbeispiel. Die Sensoren übertragen ihre Daten über Bluetooth an das Smartphone. Das Smart-Phone überträgt diese Daten ins Internet. Von dort können Sie von berechtigten Personen abgerufen werden, z. B.: Trainern, Ärzten usw. Die Daten sind dort über einen längeren Zeitraum gespeichert und erlauben eine Analyse, z. B.: Änderungen in der Leistungsfähigkeit, Änderungen im Gesundheitszustand.



Ein oft erwähntes Beispiel für IOT ist der intelligente Kühlschrank. Er ist mit dem Internet verbunden und meldet dorthin den momentanen Inhalt. Berechtigte Personen z. B. Lieferanten können dann darauf reagieren.

Kraftfahrzeuge sind ebenfalls immer stärker vernetzt. Sensoren überwachen das Fahrzeug und senden die Daten ins Internet. Die Werkstatt hat Zugriff auf die Daten und kann den Kunden rechtzeitig einbestellen oder Empfehlungen geben.

Ein weiteres Beispiel für IOT ist Smart-Home. Der Anwender kann an jedem Standort der Welt auf seine Haustechnik zugreifen. Temperaturen können abgerufen werden, Jalousien, Klimageräte usw. können gesteuert werden.

2. Mikrocontroller als IOT-Zentrale zur Verbindung mit dem Internet  
Es gibt verschiedene Möglichkeiten Sensoren und Aktoren mit dem Internet zu verbinden:

#### 1. Möglichkeit: die Komponenten (Schalter, Motoren usw.) könnten selbst eine IP-Adresse haben und mit dem öffentlichen Internet verbunden sein. Nachteile: Es werden sehr viele IP-Adressen benötigt, es wird sehr viel Datenverkehr erzeugt.

2. Möglichkeit: Eine Zentrale stellt die Verbindung zum Internet her. Die Aktoren und Sensoren sind über Funk oder Leitungen mit der Zentrale verbunden. Die Arbeitsgemeinschaft hat den Mikrocontroller ESP 32 als Zentrale verwendet aber auch das Steuermodul LOGO von Siemens und wir haben mit einer handelsüblichen Smart-Home Ausstattung experimentiert. Ungefähr 2/3 des Schuljahres haben wir uns mit dem Mikrocontroller beschäftigt. Bei dieser Lösung ist noch nichts vorgegeben. Man muss alles selbst programmieren und elektrisch verbinden. Diese Lösung ist deshalb nur für Entwickler mit Programmierkenntnissen geeignet.

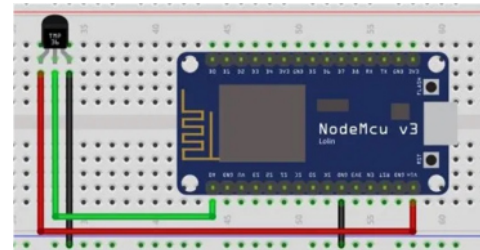
2.1. **Microcontroller ESP 32 als kleines Multitalent für IOT.**  
Die Teilnehmer der AG haben selbst kleine Anwendungen zum Thema IOT entwickelt. Als Grundlage diente dazu das ESP 32 NODE-Board. Die

Chips der Firma Espressif-Systems (China) haben sich in der Entwickler-Szene einen vorderen Platz erobert. Sie sind so einfach programmierbar wie ein Arduino-Microcontroller. Sie haben aber folgende Verbesserungen:

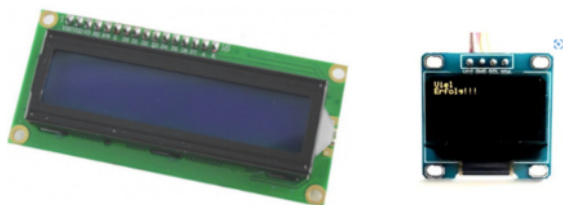
- Wifi- und Bluetooth-Funktionalität
- größerer Speicher für Programme und Webserverfunktionalität
- eine deutlich höhere CPU-Geschwindigkeit
- bessere Analog-Digital-Umsetzer und Digital-Analog-Umsetzer.



Mit dem Programm Fritzing kann man kleine Schaltpläne mit dem Mikrocontroller zeichnen: Hier ein Beispiel mit einem Temperatursensor TMP35:



Die Ag-Teilnehmer haben verschiedene Sensoren und Schalter an das Board angeschlossen. Die Zustände der Schalter und Daten der Sensoren werden eingelesen. Das Ergebnis kann man entweder am PC sehen, der über die USB-Schnittstelle an das NodeMcu Board angeschlossen ist oder an LCD-Anzeigen oder OLED-Displays.

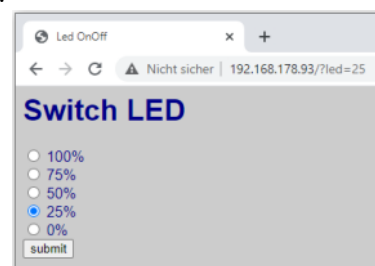


## 2.2 Webserver auf dem ESP32 Node-Board.

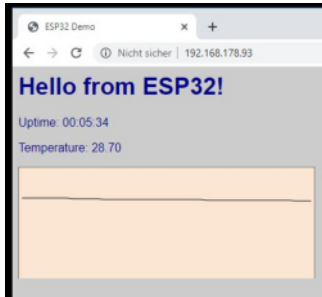
Will man jetzt die Daten in das Internet senden oder aus dem Internet empfangen, so muss man mit dem Node-Board eine Wifi-Verbindung zu einem Wifi-Access-Point aufbauen. Damit das immer einwandfrei funktioniert, haben wir im Klassenzimmer mit einer Fritzbox ein eigenes Netzwerk mit der SSID „HRSIOT“ aufgebaut. Alle Mobile-Geräte und alle Node-Boards der AG-Teilnehmer haben sich bei diesem Netz angemeldet.

Nun haben wir ein C-Programm geschrieben, mit dem auf dem Node-Board ein Webserver implementiert wird und dieses an das Board übertragen. Wenn jetzt die Adresse des Boards von einem Browser aufgerufen wird z. B: 192.168.178.93 dann meldet sich der Webserver:

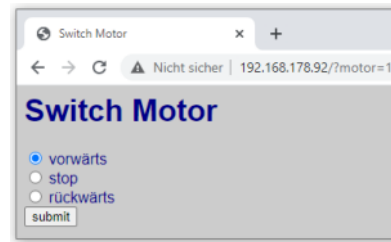
Bei diesem Beispiel kann über Radio-Buttons die Helligkeit einer LED gesteuert werden, die an das Node-Board angeschlossen ist.



Ein anderes Beispiel zeigt eine Möglichkeit zur Steuerung eines Motors, der an das Node-Board angeschlossen ist.



Beim nächsten Beispiel sieht man die Temperatur, die gerade über einen Sensor am Node-Board gemessen wird.



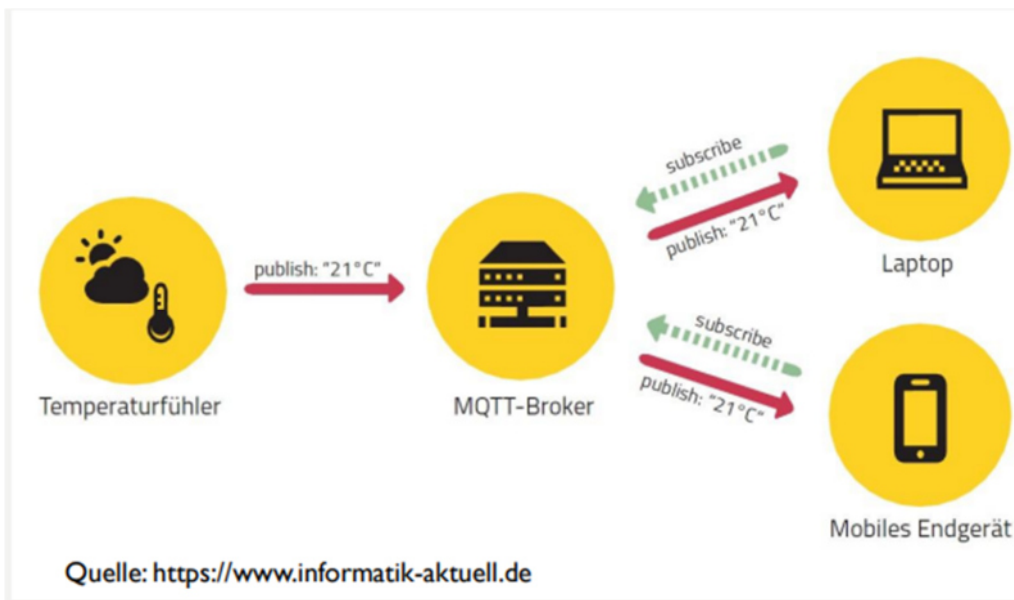
Theoretisch könnte man das Node-Board als Zentrale für Smart-Home Anwendungen nutzen. Von jedem Punkt der Erde kann man dann Motoren im eigenen Haus steuern, oder aktuelle Temperaturen aus dem eigenen Haus kontrollieren. Das Node-Board bräuchte dann eine öffentliche IP-Adresse, die überall auf der Welt gilt, wie z. B: ard.de.

## 2.2 Problem mit öffentlichen IP-Adressen:

Wenn jemand seine Smart-Home-Zentrale mit einer öffentlichen IP-Adresse ausstattet, dann öffnet er sein Heimnetz für Zugriffe aller Art, darunter auch Hacker-Angriffe. Ein Angreifer kann die Steuerung kapern und kann Fehlsteuerungen veranlassen oder über die Smart-Home-Zentrale auf andere Geräte (PC, Mobilgeräte, usw.) im Heimnetz zugreifen.

## 2.3 IOT mit MQTT

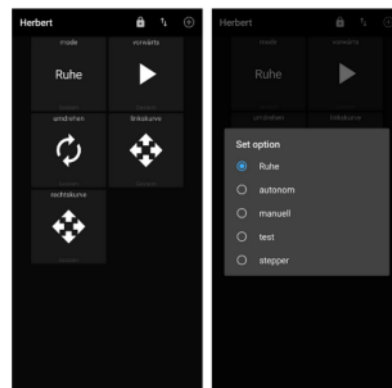
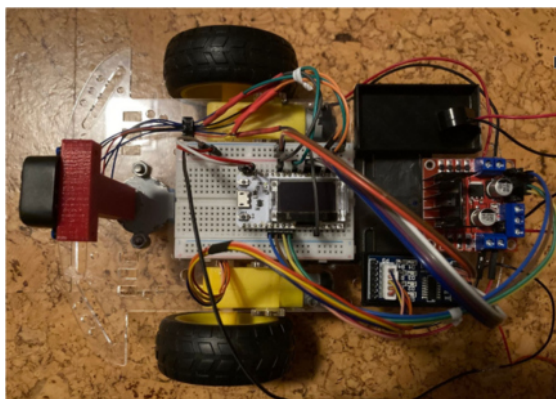
Die Gefahren und den Aufwand im Zusammenhang mit öffentlichen IP-Adressen kann man vermeiden, in dem man das Protokoll **MQTT** (Message Queue Telemetry Transport) nutzt.



MQTT implementiert das Publish/Subscribe-Muster. Das bedeutet, dass jede Kommunikation über einen zentralen Verteiler, den so genannten MQTT-Message-Broker, stattfindet. Jede Nachricht, die ein

Client sendet, enthält ein so genanntes **Topic** und die tatsächlichen Nutzdaten.  
Das Topic ist das Thema, auf das sich Sender und Empfänger einigen z.B.: Gewerbeschule/raum311.  
Die tatsächlichen Nutzdaten könnten so aussehen: „Temperatur: 21°C“. Der Sender kann jedes beliebige Gerät mit Internetanschluss sein, in unserem Fall das Node-Board. Das Veröffentlichen der Information durch den Sender nennt man publish. Die Information bleibt eine Zeit auf dem Broker gespeichert und kann dort von jedem beliebigen Gerät mit Internetanschluss abgeholt werden. Das Abholen der Information nennt man Subscribe. Unsere AG hat den kostenlosen MQTT-Broker mit folgender Adresse benutzt: test.mosquitto.org. Alle Aufgaben, die wir vorher mit dem Webserver gelöst haben, konnten wir auch mit Hilfe von MQTT lösen. Die Programme werden sogar einfacher, weil man keinen Webserver mehr auf dem Board implementieren muss. Außerdem haben wir jetzt tatsächlich von überall auf der Welt Zugriff auf die Infos von unserem Node-Board also ein echtes Internet-Erlebnis.

Drei Schüler haben ein autonomes Fahrzeug gebaut mit einem MikrocontrollerESP32. Das Fahrzeug weicht selbständig Hindernissen aus und kann per App über MQTT von jedem Ort der Welt gesteuert werden.



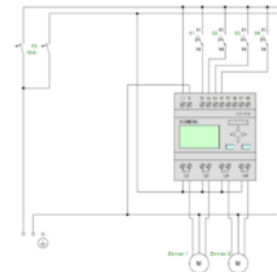
Steuerung durch die Android - App "MQTT Dash" von "Routix software"

16

### 1. IOT mit dem Steuermodul LOGO von Siemens.

Unsere Hardware das Node-Board ist sehr günstig, es ist unter 10 € zu haben, aber man muss alles selbst in Hochsprache programmieren. Es ist also eher etwas für IT-Spezialisten.

Man stelle sich vor, dass ein Kunde zu einer Firma geht, z. B: mit dem Auftrag „Der Fischteich soll über das Internet überwacht und die Pumpen über Internet gesteuert werden.“ Für diesen Auftrag wird die Elektrofirma vermutlich ein marktübliches Steuermodul verwenden. Auszubildene im Elektrobereich lernen den Umgang und die Programmierung solcher Steuermodule. An den Gewerblichen Schulen steht eine ausreichende Anzahl von Siemens LOGO-Bausteinen zur Verfügung. Diese Steuermodule werden nicht in Hochsprache programmiert, sondern es werden logische Symbole miteinander grafisch verbunden. Für Einsteiger ist das einfacher.

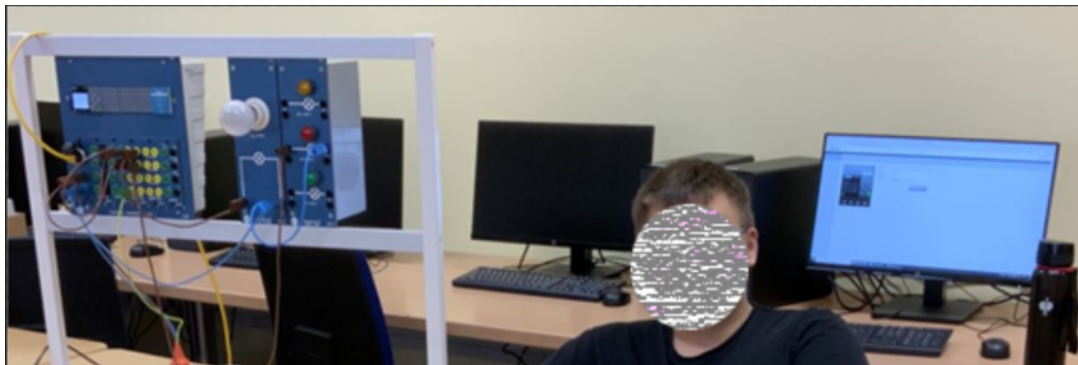


Die Abbildungen zeigen ein Steuermodul und einen Schaltplan mit Steuermodul



Und so sieht die Ansicht aus, wenn man auf einem Mobil-Gerät den Webserver von Logo aufruft:

Man kann alle Einstellung vornehmen, wie am Steuergerät selbst. Das Display zeigt am Webserver alle Infos genauso an, wie das Steuergerät.



Die Abbildung zeigt einen Schüler mit einer aufgebauten Logosteuerung im Übungsrahmen. Rechts ist der Bildschirm mit dem geöffneten LOGO-Webserver zu sehen. Die Steuerung kann direkt über Taster am Steuermodul oder über den Webserver bedient werden.

#### **4. IOT mit einer handelsüblichen Smart-Home-Ausstattung**

Wer heute ein neues Haus baut, kann sich ein Smart-Home einrichten lassen. Es ist dann möglich die Steuerung seines Heimes mit Hilfe einer App auf dem mobilen Endgerät zu bedienen. Das Heim kann so auch überwacht werden. Es aber auch sehr einfach möglich eine bestehende Elektroinstallation ganz oder teilweise zu einem Smart-Home zu erweitern Die Gewerblichen Schulen haben im vergangenen Schuljahr eine Smart-Home Ausstattung angeschafft für das Training der Auszubildenden im Elektrohandwerk.

Die Ausstattung besteht aus der Smart-Home Zentrale von Zipato (zipato.com), einigen Sensoren wie Bewegungsmeldern, Tastern sowie aus Aktoren wie Leuchtmitteln und Steckdosen . Die Sensoren und Aktoren sind über einen eigenen Funkstandard mit der Zentrale verbunden, das reduziert Installationsaufwand und Kosten. Theoretisch wäre die Verbindung zur Zentrale auch über WLAN möglich. Der eigene Funkstandard hat aber Vorteile: Zum einen das geringere Datenvolumen, die Protokolle sind viel schlanker, zum anderen wird das WLAN-Netz dadurch entlastet.

Die Zentrale stellt die Verbindung zum Internet her über eine Cloud. Die Lösung mit der Cloud erhöht die Sicherheit des Heim-Netzes, weil die Zentrale nicht direkt über das Netz erreichbar ist (siehe Absatz: 2.2 Probleme mit öffentlichen IP-Adressen).

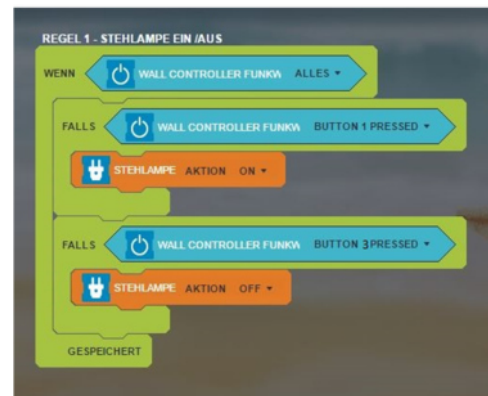


Das Bild zeigt die Ausstattung an einem Arbeitsplatz. Links im Rahmen ist die Zentrale mit Internetanschluss und Funkantenne. Rechts befindet sich eine Platte mit verschiedenen Sensoren und Aktoren.

Programmiert wird das Smart-Home mit einer grafischen Programmiersprache, ähnlich wie Scratch. Es werden Regeln programmiert. Hier eine Beispielregel für eine Stehlampe.



Über zusätzliche Tools können auch Lichtszenen programmiert werden.



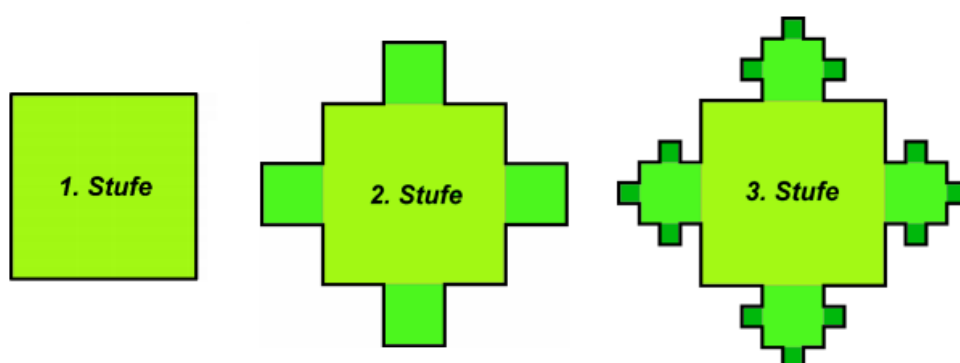
**Fazit:** Die Arbeitsgemeinschaft hat sich einen umfassenden Überblick zum Thema IOT erarbeitet. Alle Experimente und Testaufbauten haben funktioniert. Deshalb hat die Arbeit in der Arbeitsgemeinschaft auch viel Freude gemacht.

## Mathematik: Von der Quadratpflanze zum Apfelmännchen

H. Richter – Klettgau-Gymnasium Tiengen

Jean-Jacques Rousseau schrieb einmal: „Die Mathematik ist eine Art Spielzeug, welches die Natur uns zuwarf zum Troste und zur Unterhaltung in der Finsternis.“ Die finsternen Zeiten Rousseaus haben wir hinter uns gelassen und auch die Mathematik hat in den letzten Jahrhunderten viel dazu beigetragen, das Dunkel der Unkenntnis zu erhellen. Aber kann Mathematik ein Spielzeug sein?

Zu Beginn des Schuljahres wandten wir uns einer Aufgabe aus dem Unterstufenwettbewerb des Landes Baden-Württemberg „Das Problem des Monats“ zu. Die Quadratpflanze wächst und wächst und wächst stufenweise.



Spielend leicht gelang es, für die ersten Stufen, den Umfang und den Flächeninhalt zu berechnen. Wie sieht es aber nach der 4., 5., 6., ... oder sogar der n-ten Stufe aus? Statt Zahlen wurden Variablen benutzt. Die Entwicklung von Umfang und Flächeninhalt wurde als Folge dargestellt. Jetzt konnte untersucht werden, ob es Schranken oder Grenzwerte gibt. Die Teilnehmer erkannten recht schnell, dass der Umfang der Pflanze mit fortlaufendem Wachstum unendlich groß wird, der Flächeninhalt aber einem Grenzwert zustrebt.

Mit Hilfe der Begriffe: „Unendlichkeit“, „Schranke“ und „Grenzwert“ wurden dann weitere Folgen und Reihen untersucht. Wir untersuchten zum Beispiel die Entwicklung der harmonischen Reihe für wachsende Zahlen n.

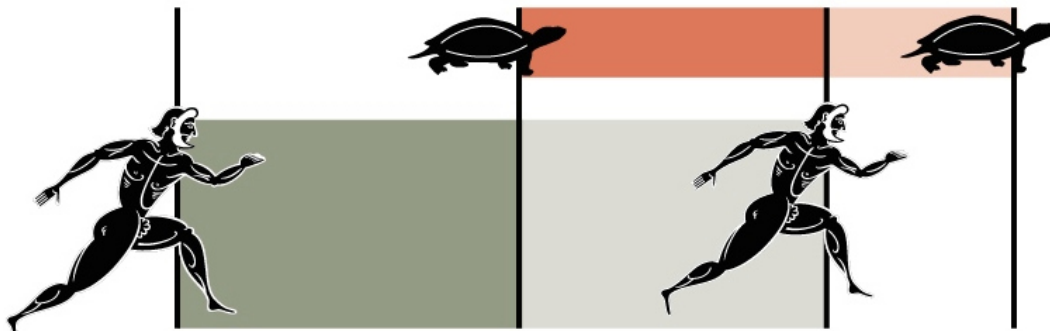
$$\sum_{k=1}^n \frac{1}{k} = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \dots + \frac{1}{n}$$

Man vermutet erstmal, dass die Reihe beschränkt ist, da die Summanden immer kleiner werden. Aber schon Jakob Bernoulli zeigte 1689 mit Hilfe einer geschickten Zusammenfassung der Summanden, dass diese Reihe keinen Grenzwert haben kann, also ins Unendliche wächst.

Im Folgenden bot es sich an, auf verschiedene Beweisverfahren einzugehen. Direkte und indirekte Beweise und auch das Verfahren der vollständigen Induktion standen im Mittelpunkt.

Bei diesen Betrachtungen stießen wir auf das Paradoxon des Zenon von Elea. Er formulierte folgende Aussage:

„Achilles der große Krieger läuft mit einer Schildkröte um die Wette. Da Achilles etwa zehnmal schneller läuft als die Schildkröte bekommt sie einen Vorsprung von 100 m. Zenon behauptet, dass Achilles die Schildkröte nie einholt, weil er der Schildkröte im Wettkampf sehr nah kommt, sie aber nie erreicht. Immer wenn Achilles ein Stück vorankommt, ist die Schildkröte schon ein kleines Stück weiter. Wenn Achilles den Startpunkt der Schildkröte erreicht hat, ist diese bei 111 m und so weiter. Zenon schlussfolgerte daraus, dass Achilles der Schildkröte beliebig nahekommt, sie aber nie vollständig erreicht. Ein winziges Stück bleibt sie immer vor ihm.“



Wir alle können uns vorstellen, dass Achilles die Schildkröte einholt. Aber wo ist der Widerspruch in der Aussage des Zenon?

Eine andere Geschichte handelt vom Wanderer und der Amsel:

Ein Spaziergänger will von Punkt A zum 5 km weit entfernten Punkt B gehen. Auf seinem Wanderhut sitzt eine Amsel, bereit, ebenfalls nach B zu fliegen. Der Spaziergänger geht mit einer gleichmäßigen Geschwindigkeit von 5 km/h, während die Amsel mit der zehnfachen Geschwindigkeit fliegt. In dem Moment, da der Fußgänger zu seiner Wanderung nach B aufbricht, erhebt sich auch die Amsel von seinem Hut. Wenn die Amsel bei B angekommen ist, dreht sie sofort um und fliegt zum Wanderer zurück.

Ist die Amsel beim Wanderer, der inzwischen seinerseits ein Stück Weg zurückgelegt hat, angekommen, dreht sie sofort wieder um, fliegt nach B, dreht dort um, fliegt bis zum - inzwischen noch näher gekommenen - Spaziergänger usw. usf. - bis schließlich auch der Wanderer bei B angekommen ist.

Die Frage lautete nun: Wieviel Kilometer hat die zwischen dem festen Punkt B und dem ständig sich verändernden Punkt F (gleich Fußgänger) hin- und herpendelnde Amsel zurückgelegt?

Wir haben verschiedene Lösungsansätze gefunden.

Irgendwann tauchte die Frage auf: „Woher kommt eigentlich die Eulersche Zahl  $e$ ?“

Am Anfang stand ein Problem der Zinsrechnung. Heute würde man es so beschreiben:





Jemand bringt am 1. Januar 1 € zur Bank. Die Bank verspricht, dass er am Ende des Jahres sein Kapital verdoppelt zurückbekommt.

Bei der Zinsrechnung nutzt man folgende Formel:

$$K_n = K_0(1 + z)^n.$$

In diesem Beispiel sind  $K_0 = 1$  und  $z = 100\% = 1$ , wenn der Zinszuschlag jährlich erfolgt, oder  $z = 1/n$ , wenn der Zinszuschlag  $n$ -mal im Jahr erfolgt,

Da Menschen nie zufrieden sind, kam die Frage auf, ob man die Zinsen nicht schon nach einem halben Jahr bekommen und wieder anlegen könne. Oder ob das auch täglich geht?

Bei jährlichem Zuschlag wäre

$$K_1 = 1 \cdot (1 + 1)^1 = 2,00.$$

Bei halbjährlichem Zuschlag hat man  $z = 1/2$ ,

$$K_2 = 1 \cdot (1 + 1/2)^2 = 2,25,$$

also schon etwas mehr. Bei täglicher Verzinsung ( $z = 1/365$ ) erhält man

$$K_{365} = 1 \cdot (1 + 1/365)^{365} = 2,714567.$$

Welches Kapital erhält man, wenn man die Zinsen nach jedem halben Tag erhält und wieder anlegt? Wie sieht das bei stündlicher Verzinsung aus?

Und jetzt wird das Kapital nach jeder Minute mit Zinsen wieder angelegt.

Leonhard Euler veröffentlichte 1743 eine Abhandlung über den Grenzwert von:

$$\lim_{\substack{t \rightarrow \infty \\ t \in \mathbb{R}}} \left(1 + \frac{1}{t}\right)^t, \text{ und nannte ihn } e.$$

Auch wenn man die Zinsen in Bruchteilen von Sekunden auszahlt, bleibt der Kapitalzuwachs begrenzt. Es wird wohl wieder nichts mit dem Bad im Geldspeicher.



Interessant ist auch eine Kettenbruchentwicklung der eulerschen Zahl.

$$e = 2,71828\ 18284\ 59045\ 23536\ 02874\ 71352\ 66249\ 77572\ 47093\ 69995\ \dots$$

$$e = 2 + \frac{1}{1 + \frac{1}{2 + \frac{1}{3 + \frac{1}{4 + \frac{1}{5 + \frac{1}{6 + \frac{1}{7 + \frac{1}{8 + \dots}}}}}}}}$$

Steckt da nicht eine wundersam anmutende Ordnung drin?

Wie man sieht, ist das mathematisch ganz schön aufwändig und nicht jedermann bewältigt diese Fragestellungen spielerisch leicht.

Das Mathematik wohl doch eine Art Spielzeug sein kann, wenn man sich darauf einlässt, zeigen die Erfolge der Teilnehmer bei Wettbewerben. In der ersten Runde des Landeswettbewerbs Mathematik des Landes BW erreichten Teilnehmer der AG zwei 1. Preise und einen 2. Preis.

Für die Lösung der schwierigen Aufgaben der zweiten Runde gab es zwei 3. Preise mit Einladungen zu Seminaren und eine Anerkennung. Auch am Bundeswettbewerb beteiligten sich einige Mitglieder der AG durchaus erfolgreich.

### **Biologie: Molekularbiologische Projekte**

Dr. C. Feller – Justus-von-Liebig-Schule Waldshut

Das Ziel der AG "Molekularbiologische Projekte" war es, Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit zu geben, ihre Fähigkeiten im naturwissenschaftlichen Denken und Handeln durch eigenständiges Experimentieren an molekularbiologischen Projekten weiterzuentwickeln. Die Themen der AG sind gesellschaftlich relevant, aktuell und gehen über den Bildungsplan hinaus.

### Die Schülerinnen und Schüler

- erarbeiteten im Experiment die Grundlagen der Polymerasekettenreaktion (PCR) und der Agarose-Gelelektrophorese und wendeten diese molekularbiologischen Methoden an, um ihren eigenen genetischen Fingerabdruck zu erstellen.
- führten ein CRISPR/CAS9-Experiment durch, um ein Gen in Bakterien zu inaktivieren.
- erarbeiteten die Grundlagen der Krebsbiologie und wendeten diese mit Hilfe eines genetischen Experiments am Beispiel der Fruchtfliege *Drosophila melanogaster* an.

Im Vordergrund der AG standen unter Schüler-Mitbeteiligung geplante Experimente in einem gut ausgestatteten molekularbiologischen Labor. Die Schülerinnen und Schüler wurden befähigt, im Team eigenständig Experimente durchzuführen, auszuwerten und verständlich zu kommunizieren.

Besonders erfreulich war, dass man bei allen dreizehn regelmäßig teilnehmenden Schülerinnen und Schülern ein großes Interesse an molekularbiologischen Fragestellungen und Freude und Lust am Experimentieren erkennen konnte. Zudem zeigte sich im Laufe des Jahres eine Steigerung überfachlicher Kompetenzen in den Bereichen problemlösungsorientiertes Denken und Handeln, Teamfähigkeit und Kreativität.

Einzelne Schülerinnen und Schüler zeichneten sich durch außerordentlich naturwissenschaftliches Denken und Handeln aus. Dies zeigte sich unter anderen in der aktiven Beteiligung bei der Planung und Auswertung der Experimente sowie bei der Erstellung von Protokollen, Zusammenfassungen und Präsentationen.

Abgerundet wurde die AG mit einer Exkursion an die Universität Zürich und die ETH Zürich. Diese ermöglichte den Schülerinnen und Schülern spannende Einblicke in moderne Forschungslabore in den Bereichen Genomforschung, Proteomforschung und Mikrorobotik.

### **Projekt 1: Der genetische Fingerabdruck mittels PCR und Agarose-Gelelektrophorese**

Nachdem im ersten Treffen die Grundlagen für das Arbeiten in einem molekularbiologischen Labor geschaffen wurden (u.a. Sicherheit im S1-Labor, Handhabung Mikropipetten etc.), beschäftigten sich die Schülerinnen und Schüler mit Einsatzmöglichkeiten und der praktischen Durchführung der Polymerasekettenreaktion (PCR) und der Agarose-Gelelektrophorese. Diese beiden Methoden gehören zu den wichtigsten molekularbiologischen Grundtechniken. Wir diskutierten die vielfältigen Anwendungsfelder, u.a. in der Gentechnik, der Forensik und der medizinischen Diagnostik, sowie die Pros und Kons u.a. im Bereich Bioethik, Datenschutz und evidenz-basierter Medizin. Um die neu erlernten theoretischen Inhalte mittels praktischen Versuchs zu vertiefen, diskutierten wir verschiedene Versuche, die in der Schule theoretisch durchführbar wären (u.a. Nachweis von GMOs, Gentests auf unterschiedliche Allele) und entschieden uns letztlich dafür, einen neuen Versuch zu etablieren, um den genetischen Fingerabdruck mittels PCR und Agarose-Gelelektrophorese zu bestimmen. Nachdem die Bedeutung im Umgang persönlicher Daten/Datenschutz besprochen und die Eltern der Teilnehmer zugestimmt hatten, begannen wir mit der detaillierten Planung des Experiments. Ein besonders talentierter und engagierter Teilnehmer der AG fasste das Projekt „Der genetische Fingerabdruck“ zusammen. Diese Zusammenfassung wird im Folgenden leicht überarbeitet und gekürzt dargestellt.

## Der genetische Fingerabdruck

verfasst von Konstantin Vodoturskii

### Hinführung

Jeder kennt dieses kinematographische Klischee:

Der Detektiv findet ein Haar auf der Jacke des Opfers und bringt es in das Labor. Die Experten können mit einer hundertprozentigen Wahrscheinlichkeit die Identität des Täters wiederherstellen und aufweisen.

Doch das ist alles nur Erfundenes, nicht wahr?

Tatsächlich steckt ein Körnchen Wahrheit in diesem Klischee. Und mit einem Körnchen meine ich einen Riesenbrocken Wahrheit, denn mit dem genetischen Fingerabdruck einer Person, wenn präzise genug ausgeführt, lässt sich die Identität jedes Einzelnen haargenau bestimmen.

Doch wie funktioniert das? Muss man dazu eine milliardenteure Apparatur und ein Team voller Experten haben? Oder sind auch Schüler, von einer Lehrkraft angeleitet, dazu imstande? Genau das haben wir ausprobiert und sind auf erstaunliche Ergebnisse gekommen. Doch alles der Reihe nach.

### Vorbereitung und die DNA-Extraktion

Das Ziel des Versuches besteht darin, DNA zu extrahieren, einzelne DNA-Sequenzen mittels PCR milliardenfach zu vervielfachen und mithilfe der Gelelektrophorese voneinander zu trennen und damit einen einzigartigen (nicht ganz, aber dazu später noch mehr) Fingerabdruck des Erbguts (Genoms) zu erhalten.

Als allererstes haben wir uns jedoch mit dem Umgang mit den Mikropipetten auseinandergesetzt. Mikropipetten (Abb. 1), oder auch „Eppendorf-Pipetten“ genannt, zählen zu der Standardausrüstung und müssen gut beherrscht werden, da diese für das präzise Abfüllen von Mikromengen an Flüssigkeiten und Lösungen zuständig sind. Mit diesen können von 0,1  $\mu\text{l}$  bis zu 1000  $\mu\text{l}$  an Flüssigkeit aufgenommen und übertragen werden. Für unseren Versuch arbeiteten wir im Mikroliter ( $\mu\text{l}$ ) Bereich, was mit einfachen Pipetten nicht erreichbar wäre.

Die Dimensionen waren beeindruckend: Pipettieren von Volumina im Bereich Millionstel-Liter, um es fragilen Enzymen mit Größen unterhalb des Nano-Meter Bereichs zu ermöglichen, DNA milliardenfach zu kopieren!

Doch nun kommen wir erst zu dem eigentlichen Spaß. Jede und jeder

aus der Gruppe hat mittels eines Löffels Zellen von der Schleimhautschicht, auf der Innenseite der Wange, abgerieben. Der Grund für diese Wahl liegt darin, dass dies äußerst leicht durchzuführen ist, keine Schmerzen zufügt und viele Zellen auf einmal zur Verfügung stellt. Wegen der Hygieneschutzmaßnahmen haben wir den Abstrich mit sterilen Löffeln durchgeführt und in eine vireninaktivierende Lösung überführt.

Anschließend wird die Probe gut geschüttelt und mithilfe eines Vortexers, eines kleinen Schüttelgeräts, gründlich durchgemischt und in eine Eisbox gelegt. Aus dieser DNA-Probe wurden



Abbildung 1: Mikropipetten

zwei Milliliter für den genetischen Fingerabdruck in ein Eppendorf-Reaktionsgefäß („tube“) überführt.

Im nächsten Schritt haben wir uns mit der eigentlichen Extraktion der DNA beschäftigt. Um die äußere Hülle der Zellen, welche aus einer dünnen Nanometer-zarten Lipidschicht aufgebaut ist, aufzulösen, benötigt es Detergenzien, also Stoffe, die diese Lipidschichten zerstören. Dazu verwendeten wir SDS (Natriumdodecyl-Sulfat). Anschließend, um die DNA freizulegen, verwendeten wir das Enzym Proteinase-K, welches Proteine in ihre Bestandteile zerlegt. Danach wurden die DNA-Proben in einen Thermomixer für eine Stunde auf 55 °C erhitzt, zentrifugiert und anschließend eingefroren. Als Ergebnis des ersten Schrittes hatten wir frei vorliegende DNA-Proben, welche wir später mittels einer Polymerasekettenreaktion (PCR) vervielfacht haben.

### Polymerasekettenreaktion (PCR)

Der nächste große Schritt bestand darin, spezifische DNA-Stränge milliardenfach zu vervielfachen und anschließend mit der Gelelektrophorese der Größe nach zu trennen und sichtbar zu machen. Dazu haben wir Short-Tandem-Repeats (STRs) genutzt: Diese DNA-Sequenzen sind kurze hintereinander auftretende Wiederholungen (Abb. 2). Die Anzahl der Wiederholungen unterscheidet sich von Person zu Person. Analysiert man viele STRs, erhält man ein spezifisches DNA-Muster, welches ähnlich dem klassischen Fingerabdruck spezifisch für ein Individuum ist.

Wir haben sieben verschiedene STRs genutzt. Damit ist der von uns erzeugte genetische Fingerabdruck nicht so genau wie der des Bundeskriminalamts (BKA), die 13 STRs nutzen. Dies hat allerdings auch Vorteile für unser Experiment bzgl. des Datenschutzes (siehe unten).

Nun zu der Funktionsweise der PCR (Abb. 3). Zuerst wird die Probelösung auf ca. 90° Celsius erhöht, damit der DNA-Strang denaturiert, also seine Form verliert und in Einzelstränge zerfällt. Anschließend wird die Temperatur auf 50 °C bis 60 °C gesenkt. Dies ermöglicht die Anlagerung sogenannter Primer. Das sind „Signalgeber“ für die DNA-Polymerase. Sie geben den Startpunkt an, an welchem sich die DNA-Polymerase ansetzen kann. Anschließend wird die Temperatur wieder auf 72 °C erhöht, damit die DNA-Polymerase ihr Funktionsoptimum erreicht. Die Polymerase nimmt aus ihrer Umgebung Desoxynucleotide auf und verknüpft diese ausgehend von den Primern basenkomplementär zum Einzelstrang der Ausgangs-DNA. Dadurch wird der ursprünglich vorliegende DNA-Doppelstrang wieder hergestellt. Ein exakter Kopiervorgang ist beendet. Wiederholungen des Prozesses in insgesamt 40 Zyklen vervielfacht die Anzahl an den gewünschten DNA-Sequenzen exponentiell.

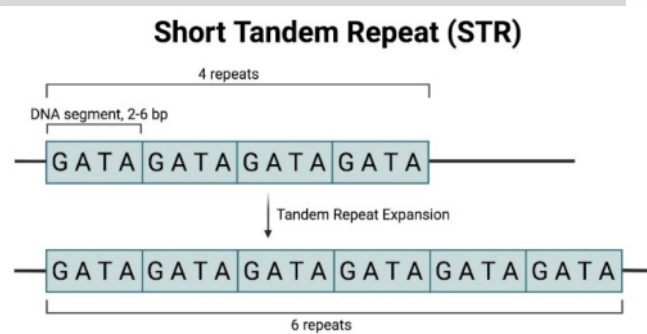
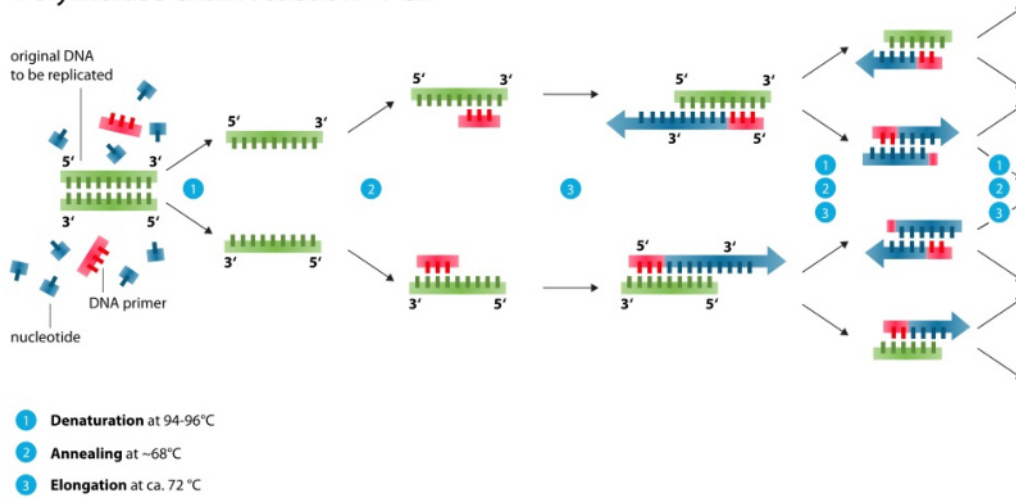


Abbildung 2: Short-Tandem-Repeats (STRs).

## Polymerase chain reaction - PCR



**Abbildung 3: Prinzip der PCR.** Quelle: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Polymerase\\_chain\\_reaction.svg?\\_ga=2.59173741.1926739048.1659344970-497422126.1659344970](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Polymerase_chain_reaction.svg?_ga=2.59173741.1926739048.1659344970-497422126.1659344970)

Und jetzt wieder zu der Praxis. Als erstes haben wir in die PCR-Reagenzgefäße (Eppendorf 0,2 ml tubes) 2 µl Primer pipettiert. Danach haben wir den PCR-Mastermix hergestellt, eine Lösung, welche alle für die PCR benötigten Elemente enthält. Alles wurde auf Eis durchgeführt. Der Grund dafür ist, dass durch die niedrige Temperatur des Eises keine chemischen Reaktionen ablaufen können. Somit wird verhindert, dass ungewünschte vorzeitige Reaktionen ablaufen. Anschließend wurde zu den vorbereiteten PCR tu bes mit den Primern die Mastermix-Lösung dazugegeben. Abschließend wurden die fertigen PCR-Lösungen in einen Thermocycler (Abb. 4) gestellt. Dieser ist ein „Temperaturwechselgerät“ und dient zu der Herstellung der unterschiedlichen Temperaturen für die einzelnen Phasen der PCR.



**Abbildung 4: Thermocycler**

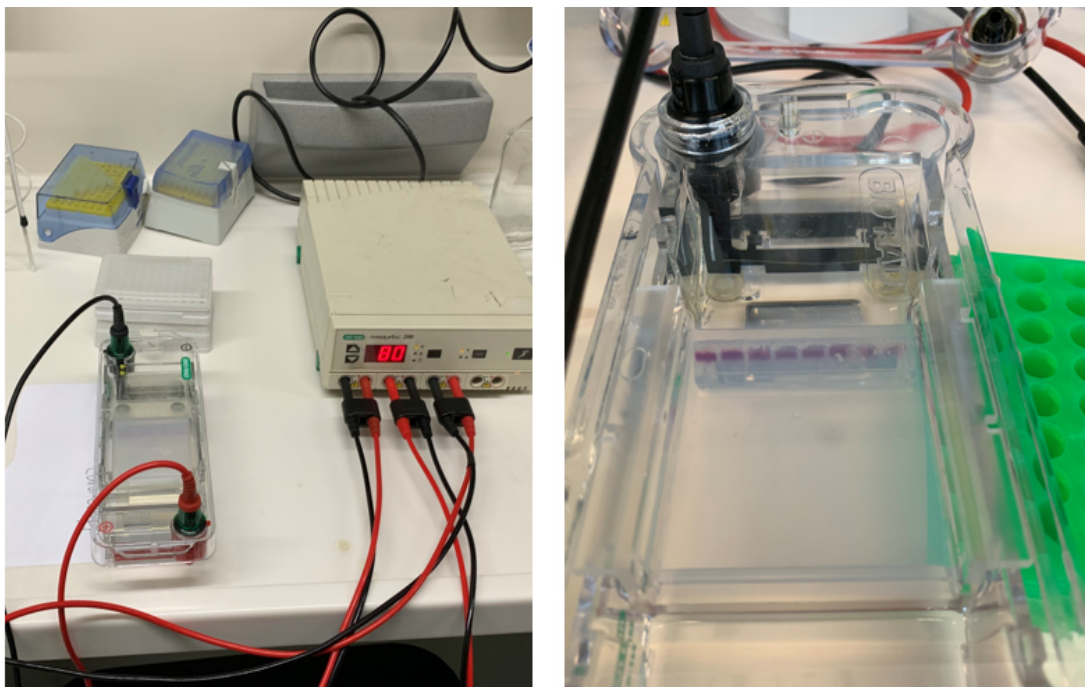
## Gelelektrophorese

Der letzte Schritt unseres Vorhabens bestand darin, eine Gelelektrophorese durchzuführen. Dies ist eine Methode um die DNA-Stränge, welche in dem vorherigen Schritt vervielfacht wurden, nach ihrer Länge zu sortieren und zu visualisieren.

Zuerst haben wir die sieben Proben aus dem vorherigen Versuch mit einem Farbstoff sichtbar gemacht, damit wir die Ergebnisse nach dem Ablauf sichern können.

Danach ging es um das Vorbereiten der Apparatur für die Gelelektrophorese (Abb. 5). Die Grundidee besteht darin, die DNA-Moleküle unterschiedlicher Länge mittels eines elektrischen Feldes durch ein Agarosegel aufzutrennen. Proben werden in die sogenannten Geltaschen eingeführt. Wird ein elektrisches Feld angelegt, so wandern die einzelnen negativ geladenen DNA-Stränge zu dem positiven Pol, der Anode. Jedoch müssen sich die DNA-Stränge durch Poren innerhalb des Agarosegels „durchdrücken“. Dies hält die größeren DNA-Moleküle stärker zurück, währenddessen kürzere DNA-Moleküle „schneller“ am Pluspol ankommen. Demnach kann eine klare Unterteilung der DNA-Stränge nach ihrer Länge gewährleistet werden.

Wir befüllten zuerst die Gelelektrophoresekammer mit einem Laufpuffer. Anschließend beluden wir die Proben (samt Ladepuffer) in die Geltaschen. Zusätzlich wurde in eine separate Geltasche ein DNA-Größenmarker pipettiert. Dieser ermöglicht die Abschätzung der Länge unserer DNA-Proben.



**Abbildung 5: Agarose-Gelelektrophorese.** Links: Gelelektrophoresekammer mit Spannungsquelle, welche auf 80 V eingestellt wurde. Rechts: Agarose-Gel bestückt mit 8 DNA-Proben, welche mit Ladepuffer (lila) versetzt wurden.

## Auswertung

Nach dem langen und aufwendigen Prozess lagen unsere „genetischen Fingerabdrücke“ parat und wir konnten den letzten Strich in diesem Kapitel ziehen (Abb. 6).

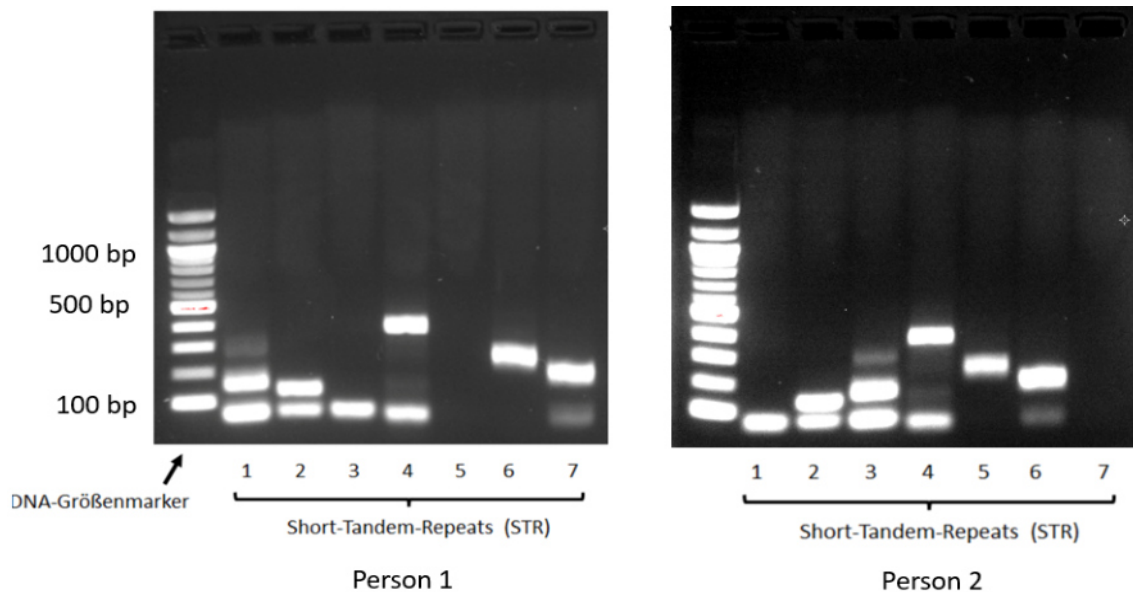


Abbildung 6: Repräsentatives anonymisiertes Ergebnis eines genetischen Fingerabdrucks im Vergleich von zwei Personen basierend auf einer Short-Tandem-Repeat (STR)-Analyse.

Die Ergebnisse haben mehrere Fragen hervorgerufen. Weshalb gab es in einigen Fällen zwei unterschiedlich lange DNA-Moleküle pro STR-Analyse, manchmal aber nur eine oder sogar gar keine DNA-Bande? Keine Bande bedeutet, dass in diesen Fällen die PCR nicht funktioniert hatte. Dies geschah aber nur selten.

Interessanter sind die Fälle, wenn zwei deutliche DNA-Banden unterschiedlicher Größe erkennbar waren, wie zum Beispiel bei den STRs 1, 2 und 4 der Person 1 (Abb. 6). In diesem Fall haben die Eltern der Person 1 jeweils einen STR-Block mit einer unterschiedlichen Länge vererbt. Wenn nur eine DNA-Bande erkennbar ist, wie zum Beispiel beim STR 3 der Person 1 (Abb. 6), deutet es daraufhin, dass die Eltern STR-Blöcke mit der gleichen Länge vererbt haben. Wir können allerdings aufgrund der begrenzten Auflösungsgrenze der 3%-igen Agarosegele nicht ausschließen, dass die Längenunterschiede der elterlichen STR-Blöcke nur sehr gering sind und mit unserer Gelelektrophorese nicht zu unterscheiden sind. In diesem Fall würde man eine höherauflösende Gelelektrophorese benötigen; wie beispielsweise eine Kapillargelelektrophorese, wie sie zur Erzeugung genetischer Fingerabdrücke beim BKA verwendet werden.

Der Vergleich der STR-Profile zwischen Person 1 und Person 2 zeigt deutliche Unterschiede im Bandenmuster. Je mehr STRs genutzt werden und je hochauflösender die Gelelektrophorese ist, desto spezifischer ist die STR-Methode, um einzigartige genetische Fingerabdrücke zu erzeugen. Kriminalforensiker wie die des BKA nutzen 13 STRs, um mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit einzigartige genetische Fingerabdrücke für alle Bundesbürger zu erzeugen. Ca. 20 STRs soll-



ten ausreichen, um spezifische genetische Fingerabdrücke für alle Menschen weltweit zu erzeugen.

### **Datenschutz und Umgang mit genetischen Daten**

Des Weiteren haben wir uns mit Fragen des Datenschutzes genetischer Daten befasst. Da der genetische Fingerabdruck höchst persönliche Informationen enthält, ist es nicht ratsam, diesen zu verbreiten. Vergleichbar wäre es mit einer Kopierung des Passes einer Person und der Verbreitung an unterschiedliche Personen.

Da Short-Tandem-Repeats (STRs) Bereiche in der DNA sind, welche nicht für Merkmale kodieren, kann man aus einer STR-Analyse keine Merkmale von Personen ableiten. Eine Ausnahme ist die Verwendung von STRs auf dem Y-Chromosom, welche das biologische männliche Geschlecht mit hoher Sicherheit identifizieren.

Anders verhält es sich mit genetischen „Genom-Daten“. Mittlerweile kann man für ca. 1000 Euro sein (fast) komplettes persönliches Genom entschlüsseln lassen. Aus diesen Daten kann man persönliche Krankheitsrisiken ableiten lassen, wie beispielsweise die Wahrscheinlichkeiten für Krebserkrankungen oder psychologische Erkrankungen. Aus Genomdaten können auch Eigenschaften wie Intelligenz und persönliche Risikofreude abgeschätzt werden. Aus der Perspektive des Datenschutzes sind „Genom-Daten“ daher sehr brisant. Es ist wichtig, sich darüber klar zu werden und Möglichkeiten zum Schutz dieser Daten zu kennen.

Selbstständig eine PCR-Analyse der eigenen DNA durchzuführen, begeisterte die Schülerinnen und Schüler. Auf Wunsch der Schülerinnen und Schüler vertieften wir anschließend das Thema PCR mit dem Ziel, die Entwicklung einer PCR-Methode spezifisch für die (damals neuauftretende erste) Omikronvariante des SARS-CoV-2-Virus zu simulieren. In einer Online-Sitzung erhielten die Schülerinnen und Schüler erste Einblicke in einen Bioinformatik-basierten Workflow zur Erstellung von SARS-CoV-2 (Omikron)-spezifischen PCR-Primern. Mithilfe dieser spezifisch-angepassten Sonden können PCR-Methoden entwickelt werden, welche den Nachweis jeder Art von DNA (bzw. RNA) erlauben, wie beispielsweise neuer Coronavirus-Varianten. Wir begrenzten dieses Vertiefungsprojekt auf die *in-silico* Arbeitsschritte und diskutierten, welche nächsten Labor-praktischen

Schritte nötig wären, um den Erfolg unseres „neuen“ PCR-Tests zu überprüfen.

## Projekt 2: CRISPR/CAS9-vermittelte Inaktivierung des lacZ-Gens in *Escherichia coli* (*E. coli*)

CRISPR/Cas9 ist eine 2012 entwickelte Genomeditierungs-Methode (*genome editing*), welche im Vergleich zu vorherigen Methoden schneller, kostengünstiger und präziser spezifische Änderungen im Ge-

The screenshot displays the NIH Primer-BLAST tool interface. It is divided into several main sections:

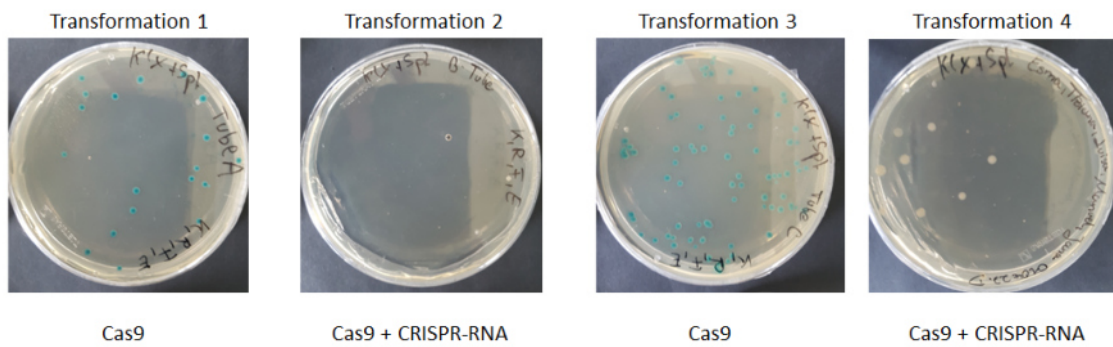
- Primer Parameters:** Includes fields for 'Use my own forward primer', 'Use my own reverse primer', 'PCR product size' (70-150), and 'Primer melting temperatures (T<sub>m</sub>)' (60.0-63.0).
- Primer Pair Specificity Checking Parameters:** Includes 'Search mode' (Automatic), 'Database' (Refseq mRNA), 'Organism' (Homo sapiens), and 'Primer specificity stringency' settings.
- Detailed primer reports:** A table listing three primer pairs with their respective sequences, template strands, lengths, and GC content.

Blue arrows numbered 1 through 4 indicate the workflow steps: 1. Inputting the PCR template sequence, 2. Setting primer parameters, 3. Configuring specificity checking options, and 4. Viewing the detailed primer reports.

Abbildung 7: Ausschnitt eines Bioinformatik-basierten Workflows zur Erstellung SARS-CoV-2 (Omikron)-spezifischer PCR-Primer.

nom ermöglicht. Mit der Verleihung des Nobelpreises 2020 wurde die große Bedeutung dieser Methode gewürdigt, die ähnlich wie die Entwicklung der PCR in den 1980er Jahren eine Sprunginnovation im Bereich der Biologie und Medizin darstellt.

Um den Schülerinnen und Schülern die enorme Bedeutung sowie die einfache Durchführbarkeit erfahrbar zu machen, diskutierten wir zuerst Anwendungsmöglichkeiten u.a. im Bereich der grünen Gentechnik und der Gentherapie. Neue Herausforderungen beim Nachweis von CRISPR-editierten Organismen sowie deren bioethischen und regulatorischen Konsequenzen wurden ebenfalls mit großem Interesse diskutiert. Anschließend führten wir einen Versuch durch, in welchen wir mit Hilfe von CRISPR/Cas9 das lacZ-Gen im Bakterium *E. coli* durch Einfügen eines STOP-Codons inaktivierten (Abb. 8).



**Schlußfolgerung:** Die Transformationen 1-3, welche verschiedene Bedingungen kontrollieren, haben alle funktioniert. Das „eigentliche“ CRISPR-Experiment (=Transformation 4) hat auch gut funktioniert.

Reparatursystem durch Arabinose induziert: schließt Doppelstrangbruch und inaktiviert lacZ-Gen durch Einfügen eines STOP-Codons

**Abbildung 8: CRISPR/Cas9-vermittelte Inaktivierung des lacZ-Gens in *E. coli*.** Der Versuch wurde entsprechend des Bio-Rad Kits „Out of the Blue CRISPR“ durchgeführt. Die weißen Kolonien im Transformationsansatz (rechts) zeigen ein erfolgreiches CRISPR-Experiment: Durch Einfügen eines STOP-Codons ins lacZ-Gen wurde dieses inaktiviert. Daraufhin kann kein funktionstüchtiges Enzym  $\beta$ -Galactosidase, welches vom Gen lacZ kodiert wird, gebildet werden.  $\beta$ -Galactosidase wird benötigt, um nach Zugabe von X-Gal einen blauen Farbstoff zu bilden.

### Projekt 3: Augenspezifischer Knockout des Tumorsupressorgens Pten führt zu einem Tumor im Auge von *Drosophila melanogaster*

Nachdem die Grundlagen der Krebsbiologie überblicksartig besprochen wurden, vertieften die Schülerinnen und Schüler das neu erlernte Wissen mit Hilfe eines genetischen Experiments, in welchen sie in der Fruchtfliege *Drosophila melanogaster* das Tumorsupressorgen Pten durch ein Knock-out-Experiment spezifisch im Auge inaktivierten (Abb. 9). Die Schülerinnen und Schüler lernten durch dieses Projekt neben der Krebsbiologie die Planung, Durchführung und Auswertung eines genetischen Experiments. In der anschließenden Diskussion erprobten die Schülerinnen und Schüler die Übertragbarkeit des genetischen Experiments auf andere Fragestellungen (z.B. forward und reverse genetic screens für komplexe Eigenschaften wie Größe, Intelligenz, und komplexe Stoffwechselerkrankungen wie Diabetes mellitus Typ II) sowie die Einbettung genetischer Experimente in komplexe Forschungsprojekte zur Entwicklung von Krebsmedikamente.



**Abbildung 9: Augenspezifischer Knockout des Tumorsupressorgens Pten führt zu einem Tumor im Auge von *Drosophila melanogaster*.** Ansetzen eines Kreuzungsexperiments mit Hilfe eines Stereomikroskops (links). Analyse des Tumorphänotyps (rechts).

Die Kombination aus aktivem Experimentieren und vertiefenden Diskussionen knüpfte an das Interesse und die Talente der Schülerinnen und Schülern an und führte zu zum Teil deutlichen Kompetenzsteigerungen im naturwissenschaftlichen Denken und Handeln.

### **Physik: Bis an die Grenzen des Universums**

M. Ehm, Justus-von-Liebig-Schule, Waldshut

Woher kommen wir, wohin gehen wir? Was macht eigentlich ein Astronom tagsüber? Wie gestalten sich die Strukturen im Universum? Was hält die Welt zusammen?

Diese fundamentalen Fragen wurden in der Vergangenheit durch Mythologie und Religion erklärt und beschrieben. Die Wissenschaft hat im Laufe der Zeit die Mehrheit dieser Fragen beantwortet, aber auch weitere Fragen aufgeworfen, die bei weitem noch nicht alle beantwortet sind. Neueste Forschungsergebnisse rütteln sogar an der fundamentalen Theorie, dem Urknall. Solche wichtigen Fragen wurden im Laufe des Schuljahres im Kurs Physik: "Bis an die Grenzen des Universums" besprochen und diskutiert.

Aber nicht genug, der Blick in den Sternenhimmel ist nicht nur faszinierend, sondern immer auch ein Blick in die Vergangenheit. Das Licht der Sterne ist viele Jahre, teilweise auch Jahrtausende und Jahrmillionen auf dem Weg durchs Weltall. Das Licht der Mehrheit der Sterne, welches gerade auf unserem Planeten ankommt ist älter als wir selbst und genauso alt, wie lange es benötigt hat, zu uns zu kommen. Der Blick auf das Licht der Sterne erlaubt uns, auf einfache Weise die Vergangenheit unseres Universums zu beobachten.

Vierzehn Schülerinnen aus den Klassenstufen 10, 11 und 12 haben sich in den Jahren 2021/2022 mit diesem interessanten Thema beschäftigt und wollten mehr darüber wissen, wie unsere Welt aufgebaut ist. Die Beobachtung der Sterne war in diesem Kurs in den meisten Fällen ohne wettertechnische Einschränkung möglich und so hatte der Kurs neben spannenden Theorie-Mittage auch wunderschöne und eindrucksvolle Beobachtungsabende. Das Ergebnis der AG kann sich durchaus sehen lassen und die Schüler hatten viel Spaß und konnten einiges an Wissen über die Sternbeobachtung mitnehmen. Bei der Evaluation der Interessierten-AG wurde ein durchweg positives Ergebnis bestätigt.

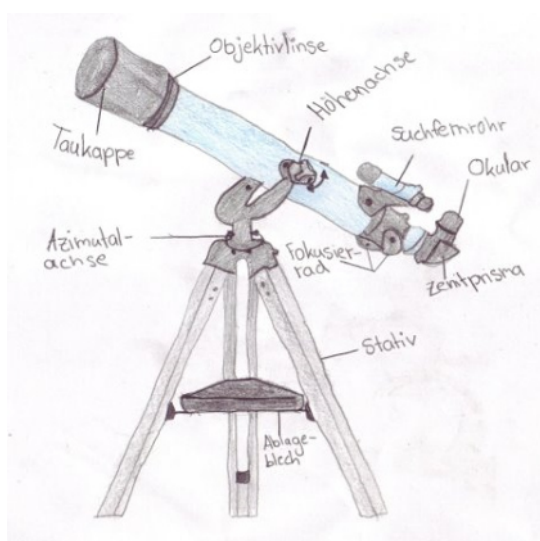
Zu Beginn des Kurses erfolgte eine Einweisung in die drei Arten der Beobachtung, den Aufbau von Beobachtungsgeräten und eine Unterweisung in das Finden von Sternbildern und Objekten am Sternenhimmel.

Als erste der Beobachtungsarten stand uns das Beobachten und Auffinden von Sternbildern mit dem bloßen Auge zur Verfügung. Hierbei ist ein ausgezeichneter Umgang mit Sternenkarten eine wichtige Grundlage, um weniger bekannte Sternbilder und Himmelsformationen zu finden. Genauso wurden erste Erfahrungen mit einfachen Beobachtungsgeräten gemacht, dem Fernglas bzw. dem Fernrohr.

Im zweiten Schritt erfolgte der Einsatz optischer Hilfsmittel und die Einführung in komplexere Beobachtungsgeräte, dem Teleskop, teilweise computergesteuert. Die Schüler waren eingeladen eigene Teleskope und Beobachtungsinstrumente mitzubringen. So konnten Planeten, Kugelsternhaufen und der Mond ausgezeichnet beobachtet werden.

Zu guter Letzt beschäftigte der Kurs sich mit Astrophotographie, was zweifelslos zu den aufwendigsten Themen der Astronomie gehört. Hierfür ist jedoch ein versierter Umgang mit den Geräten notwendig und eine Orientierung am Nachthimmel für die Einstellung und Justierung unabdingbar. Es konnten

somit mit Hilfe von Teleskop und Spiegelreflexkamera beeindruckende Bilder von Sternen, planetarischen Nebel und Planeten gemacht werden.



Nach einer theoretischen Einweisung und erster praktischer Erfahrung im Umgang mit den Geräten widmete sich der Kurs zuerst unserer näheren Umgebung, also dem Aufbau unseres Sonnensystems. Zentral war die Frage und die Diskussion, wie erzeugt die Sonne seine Energie und wie ist das Sonnensystem überhaupt entstanden. Daneben lernten die Schülerinnen viel über seine Planeten und konnten am Ende dieser Einheit die wichtigsten Objekte unseres Sonnensystems benennen, finden und wussten wichtiges über zentrale Eigenschaften.

In dieser Phase konnte auch der erste Beobachtungsabend durchgeführt werden. Hierbei wurde als Standort Erzingen gewählt, ein Ort an dem das Licht der Menschen die Beobachtung nicht sehr beeinträchtigt hatte. Die Gelegenheit war gut und so wurde bei prächtiger Sicht die Findung und Beobachtung prägnanter Planeten, wie Mars, Jupiter und Saturn vorgenommen. Als der Mond aufging, überstrahlte dieser dann Planeten und Sterne und somit wurde vorwiegend die Beobachtung des Mondes betrieben. Teilweise wurde Fernglas und Fernrohr zu Hilfe genommen.

Leicht durchgefroren, aber übergelukkig über den spannenden Abend, machte sich der Kurs wieder auf den Weg nach Hause, im Gepäck wunderschöne Bilder des Mondes und anderer Himmelskörper. Glückelich durften sich die Schülerinnen auch schätzen, da an diesem Abend viele Sternschnuppen zu sehen waren. Einige konnten zum ersten Mal in ihrem Leben eine solche beobachten.

Schülerbilder des Jupiters



Am zweiten Beobachtungsabend konnte schon deutlich

mehr beobachtet werden. So konnten an diesem Termin erste Bilder durch das Teleskop von Planeten gemacht werden (siehe Bilder oben) und es wurde versucht schwierigere Objekte in das Sichtfeld des Teleskopes zu bekommen. Die Schüler waren nun auch für den Aufbau der Geräte verantwortlich und zeigten hier die Anwendung der vorher erlernten Kompetenzen.

Im weiteren Verlauf des Kurses widmeten wir uns immer spezielleren Themen, welche die Schüler interessierten. Untersucht wurden Fragen nach der Entstehung des Universums, den Eigenschaften schwarzer Löcher und roter Riesen, wie Polarlichter funktionieren oder auch die Überlegung, ob wir allein im Universum seien. Ein spannendes und länger besprochenes Thema war die Frage, ob es den Urknall wirklich gegeben hat oder ob neue Theorien nicht den Zustand unseres Universums besser beschreiben würden. Hierbei brachten einige Schülerinnen und Schüler ihr eigenes Wissen mit ein und bereicherten dadurch den Kurs auf besondere Weise.

Besonders wunderbar war die Beobachtung im Januar. Wir alle hatten eine gefühlte Angst, uns nach der Beobachtung "Frostbeulen" geholt zu haben, da es wirklich sehr kalt war. Bei wunderbaren  $-10\text{ °C}$  und einer fast 20 cm hohen Schneedecke machte sich der Kurs mit ca. 5 Schichten Kleidung mit Bus und PKW auf den Weg nach Höchenschwand. Wir wurden alle mit einem wundervollen Sternenhimmel belohnt und konnten vielfältige Techniken mit dem Teleskop anwenden. Das Ergebnis des Durchhaltens war ein unvergesslicher Abend, der allen lange in Erinnerung bleiben wird.

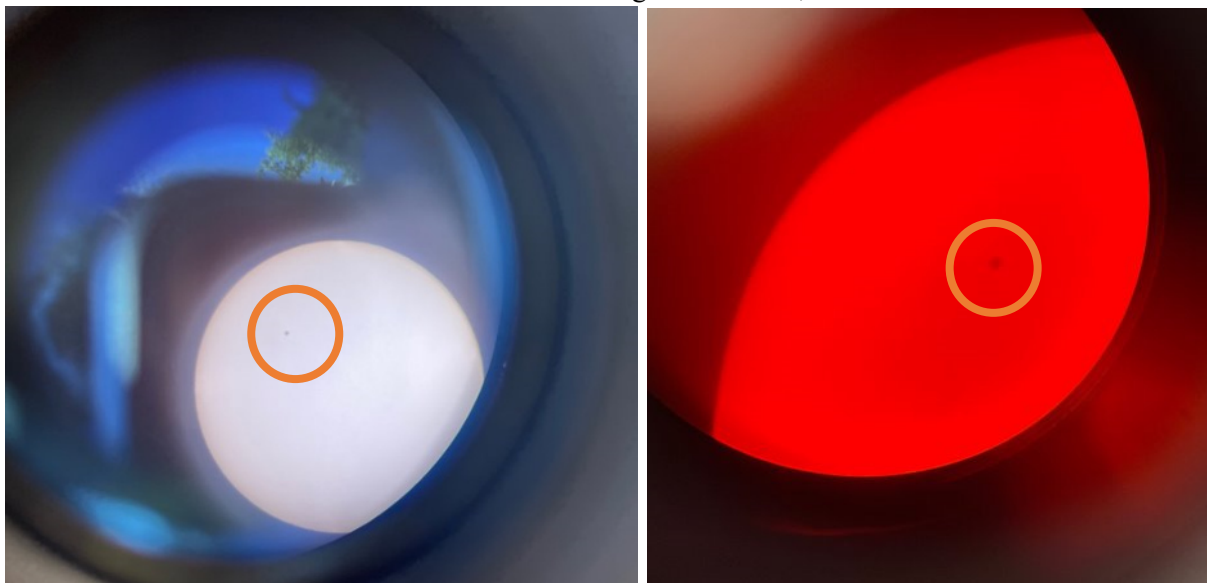
In den beiden nachfolgenden Beobachtungsabenden im März und April wurde nochmals der Fokus auf die Astrophotographie, mittels Spiegelreflexkamera, gezogen. Es entstanden dabei wundervolle Bilder von Sternen und galaktischen Nebel, wie z.B. der Orion-Nebel:



Schülerbilder: links Riegel, rechts Orionnebel (Sternentstehungsgebiet)

Die Tage wurden immer länger und die Nächte immer kürzer. So standen im Mai und Juni noch weitere Beobachtungen an. Nun aber war, am Nachmittag, bei zunehmender Tageslänge eine Sternenbeobachtung aufgrund des hohen Sonnenstandes technisch nicht mehr möglich. Daher wurde eine Observation des uns am nächsten gelegenen Sterns organisiert und tatsächlich auch umgesetzt. Viele schöne Stunden und unter Einsatz von speziellen Filtern konnte die Sonne beobachtet werden und es wurden wunder-volle Bilder und Erfahrungen mit dem Equipment gemacht.

Es konnten an diesem Tag ausgezeichnet Sonnenflecken identifiziert und beobachtet werden. Zudem wurden durch den Kursleiter nochmals zahlreiche Fragen zur Sonne, dem Aufbau des Lichts und seiner



Wanderung durch den Raum zur Erde beantwortet.

Aufgrund der Nachwirkung von Corona wurden die geplanten Exkursionen leider abgesagt. Es bleibt

die Hoffnung, dass im folgenden Winter dies aber wieder im vollen Umfang durchgeführt werden können.

Zusammenfassend hat es allen Schülerinnen der AG sehr viel Spaß gemacht. Dies gilt vor allem für das spannende Zusammenspiel von Praxis und Theorie und auch die Möglichkeit, das Erlernte direkt einsetzen zu können. Obwohl noch ein paar Einschränkungen durch die Corona-Pandemie vorhanden waren, haben die Schülerinnen sehr viel gelernt und konnten die Begeisterung für eine spannende Disziplin der Physik entwickeln. Viele der Teilnehmerinnen haben die Veranstaltung gelobt und waren sehr glücklich daran teilgenommen zu haben.

Michael Ehm



## **Arbeitsgemeinschaften der Unter- und Mittelstufe**

### **Chemie: Forschen-Entdecken-Experimentieren**

G. Fuchs – Technisches-Gymnasium Waldshut

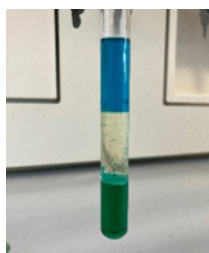
#### **Allgemeines**

Überraschend kam die Unterstufen AG, bedingt durch den Ausfall zweier Kolleginnen (Anja Blattmann und Claudia Zott vom Hochrhein-Gymnasium Waldshut), ans Technische Gymnasium Waldshut. Die 10 angemeldeten Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 5-7 empfanden dies als sehr spannend, zumal die Labore an den Gewerblichen Schulen Raum und Möglichkeiten boten, um viele spannende und lehrreiche Experimente mit größtmöglicher Sicherheit durchzuführen.

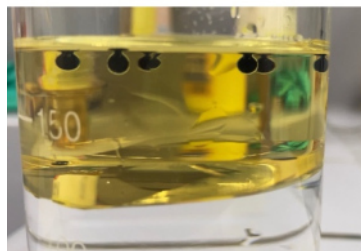
#### **Verlauf der AG**

Zu Beginn mussten sich die AG-Teilnehmer\*innen mit den sicherheitsrelevanten Einrichtungen, den Gefahrensymbolen und den Laborgeräten beschäftigen und vertraut machen. Dies geschah unter Einsatz moderner digitaler Medien in Kombination mit realem Anschauungsmaterial. Die Teilnehmer\*innen absolvierten einen Grundkurs zum Einsatz verschiedener Laborgeräte, wobei der Brennerführerschein und das Benutzen des Bunsenbrenners zur Glasbearbeitung im Mittelpunkt standen.

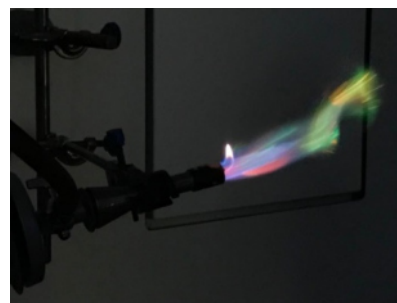
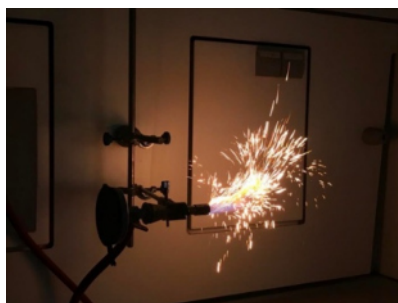
Danach widmete sich die AG dem Feststellen von Eigenschaften einfacher haushaltsüblicher Stoffe.



Diese Erfahrungen konnten die Schüler\*innen direkt mit Wissen aus dem Alltag verknüpfen. Jedoch sorgten die Versuchsarrangements (z.B. 3 Farben in einem Reagenzglas, schwimmende Tinte, Tintentropfen in Öl) für tolle Überraschungen.



Als die kältere Jahreszeit begann, widmeten wir uns der Herstellung von verschiedenen Handwärmern. Hier durfte jeder Teilnehmer einen selbstgebastelten Handwärmer mit nach Hause nehmen. Vorweihnachtliche Stimmung breitete sich im Labor aus, als wir bei einem Exkurs in die Zuckerchemie, gebrannte Mandeln herstellten. Natürlich durfte auch ein Blick in die Welt der Feuerwerker nicht fehlen. Wir untersuchten verschiedene Metallpulver in der Brennerflamme.





Nach den Weihnachtsferien starteten wir das Langzeitexperiment „Kristall züchten“. Dies erforderte neben Geschicklichkeit, um einen Impfkristall mit einer Angelschnur zu befestigen, auch ausdauernde Geduld und verlangte akkurates, sauberes Arbeiten. Einige prächtig gewachsene Alaunkristalle waren der Lohn für all die Mühen.

Farbstoffe standen auf dem Programm als es zeitlich in Richtung der Osterferien ging. In einer Sonder-AG an einem Samstag extrahierten wir Naturfarbstoffe aus Früchten und Gemüse, um damit Ostereier zu färben. Dazu überlegten die Teilnehmer\*innen auch, wie verschiedene Verzierungen erreicht werden konnten. Da sich bei der Untersuchung von Rotkohlsaft gezeigt hatte, dass die Farbe des Rotkohlsafts vom pH-Wert abhängt, konnten wir die mit Rotkohl gefärbten Eier einfach mit Essig und Sodawasser verzieren.



Für große Verwunderung und Aufregung sorgte das Experiment „das grüne Spiegelei“, welches ebenfalls mit dem Rotkohlsaft erzeugt wurde. Somit wagten wir einen Blick in die Indikatorchemie und bereiteten einen Zauberversuch mit verschiedenen Indikatorlösungen vor. Dieses Experiment führten die AG-Teilnehmer\*innen u.a. bei der Präsentation der AG in der Kuratoriumssitzung gekonnt vor. Dass man Indikatoren auch in Bubbleballs einschließen kann und sogenannte Chamäleonbällchen erhält, welche ihre Farbe je nach pH-Wert der Umgebungslösung anpassen war ein weiteres überraschendes Experiment. Natürlich stellten wir uns danach mit verschiedenen Fruchtsäften selbst Bubbles für Bubbletea her.



### Schlussbetrachtung

Leider hat die Coronapandemie immer wieder zum Ausfall einzelner Teilnehmer\*innen bei unseren Terminen geführt (SchülerInnen durften nicht an klassenübergreifenden AGs teilnehmen, wenn ein aktiver Coronafall in einer der Klasse festgestellt war.) Trotzdem hat die AG allen Teilnehmenden sehr viel Spaß gemacht und allen gezeigt, wie bunt, überraschend und auch einfach die Chemie sein kann.

Fazit: Hauptsache die Chemie stimmt

## Chemie: Wir erforschen unsere Welt

T. Pfeifer – Klettgau-Gymnasium Tiengen

In diesem Schuljahr beschäftigte sich die Chemie-AG am KGT mit den Themen „Stoffuntersuchung“, „Stofftrennung“ und „Kristallisation“. Ich als Lehrer war gespannt, welche Ideen und Wünsche die Schüler dieses Mal haben würden.

Wie immer stand am Anfang der Chemie-AG eine ausführliche Sicherheitsunterweisung, da wir ja vorhatten, weit über das vom Fach BNT bekannte Experimentierniveau hinauszugehen. Gefahrstoffsymbole wurden entdeckt und die spektakuläre Bedienung des Feuerlöschers vorgeführt. Bei der anschließenden Einweisung in den Fachraum mit seinen besonderen Laborgeräten, gab es bei einigen Schülern leuchtende Augen. Als es dann um den Umgang mit dem Gasbrenner ging, wurden einige Schüler wieder zurückhaltender – sie hatten offenbar Angst, sich zu verbrennen. Als ich anbot, mich beim Kennenlernen des Brenners mit dazusetzen, wich nach kurzer Zeit die Sorge und schließlich hatten alle großen Spaß am Umgang mit diesem besonderen Laborgerät.

Als Übung durften die Schüler schließlich ein großes Glasschmelz-Praktikum machen. Nachdem sie die grundlegenden Fertigkeiten wie z.B. das Schneiden und Ausziehen von Glasrohren erworben hatten, hatten viele der Schüler große Freude, neue Möglichkeiten der Glasbearbeitung zu entdecken. Manche Schüler schafften es, beeindruckende Werke herzustellen: Trinkhalme mit Loopings, Sanduhren, Glasherzen und sogar eine Wasserpistole wurden hergestellt.



Nun waren alle bereit, mit unserem ersten großen Thema zu starten, dem Entdecken von Stoffeigenschaften. Mit Akribie erforschten die Schüler bei einigen Stoffen die Stoffeigenschaften wie z.B. Leitfähigkeit, Löslichkeit, Verformbarkeit und Magnetisierbarkeit. Freude machte ihnen hierbei ein etwas ungewöhnliches Laborgerät - Der Magnetrührer!

Die Schüler starteten einen Wettbewerb, wer seinen Finger in den Wasserstrudel stecken konnte, ohne dass dieser nass wurde... ein paar schafften tatsächlich dieses kleine Kunststück. In den kommenden Sitzungen entdeckten die Teilnehmer das Schmelzen und Verdampfen. Sie entdeckten, dass man auf

diese Weise manchmal Stoffgemische trennen kann und dass es sogar Stoffe gibt, die ohne zu Schmelzen verdampfen und beim Abkühlen direkt winzige Kristalle bilden... faszinierend!

Nun hatten die Schüler genug Erfahrung, um alltägliche Stoffgemische zu trennen. Ich präsentierte den Schülern einen großen Brocken Steinsalz, bei dem unschwer zu erkennen war, dass außer dem Salz noch einiges an „Dreck“ vorhanden war. Die Schüler diskutierten rege, wie man hieraus reines Kochsalz



herstellen könne. Nach kurzer Zeit einigten sich die Schüler auf einen Weg, der ihnen logisch erschien:

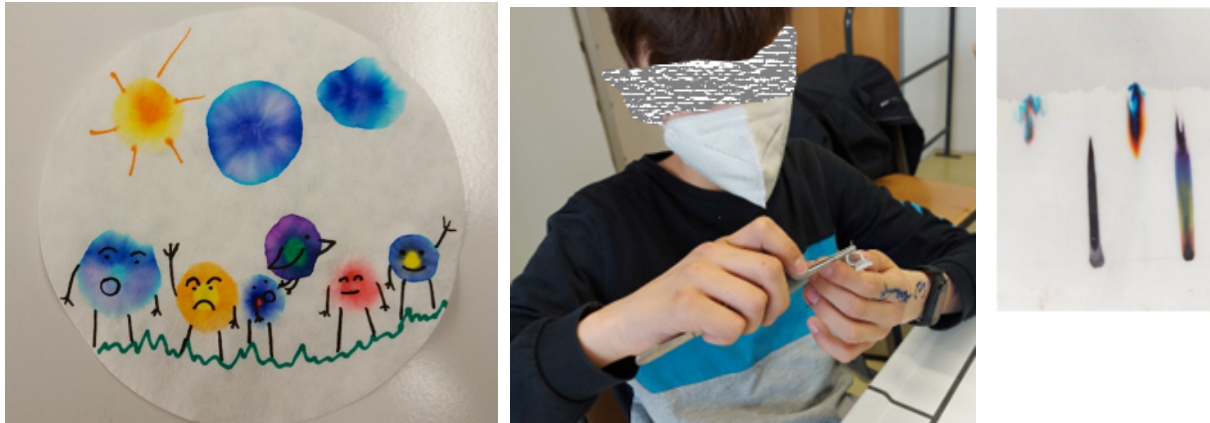
Zunächst einmal wollten sie den Brocken zerkleinern. Den hierfür zur Verfügung gestellten großen Hammer verwendeten die Schüler mit großer Freude... das Rumsen hallte durch das ganze Schulhaus! Das zerkleinerte Salz wollten die Schüler nun in Wasser auflösen – eine gute Gelegenheit, um wieder den allseits beliebten Magnetrührer einzusetzen. Wie erwartet löste sich nur das Salz, während sich der Dreck absetzte. Durch Abfiltrieren erhielt man nun klares, sauberes Salzwasser. Abschließend wurde das Wasser mit Hilfe des Brenners verdampft.

Da wir bei allen Arbeitsschritten vom Becherglas bis hin zur Porzellanschale fabrikneue Gerätschaften verwendet hatten, durften die Teilnehmer ausnahmsweise am Schluss eine Geschmacksprobe machen. Alle waren sich einig: Das feinkörnige Salz schmeckte besonders lecker.

Mit der Chromatografie entdeckten die Teilnehmer in den kommenden Wochen eine für viele altbekannte Trennmethode neu: Viele kannten schon das Phänomen, dass Farben auf Papier überraschend verlaufen, wenn man sie mit Wasser benetzt. Nachdem sie dies ausgiebig erforscht hatten, wagten wir

uns an die professionelle Variante: Ich stellte den Schülern das Chromatografieverfahren vor, das normalerweise in der Kursstufe verwendet wird.

In Eppendorfhütchen wurden Farbstofflösungen angesetzt, mit winzigen Glaskapillaren aufgesaugt und dann sanft auf eine beschichtete Labor-Chromatografiefolie aufgetupft. Viel Ruhe und Konzentration war gefragt – das Ergebnis belohnte dann aber auch alle Schülergruppen. Es entstanden wunderschöne Chromatogramme, die das Vergleichen der vorgegebenen Farbstoffe leicht machte... einfach faszinierend.



Trotz Corona konnten wir im Winter noch weitere Trennverfahren wie z.B. die Destillation und die Schwimmtrennung praktisch kennenlernen.

Als Abschluss des Themas stand dann noch ein großes Projekt an: „Vom Rohkaffee bis zum Instantkaffee“. Ausgehend von nach Getreide riechenden, blassgrünen Rohkaffeebohnen erstaunte der aromatische Röstduft, der beim Erhitzen der Bohnen den Raum erfüllte. Mit viel Energie mahlten die Schüler die gerösteten Bohnen, brühten den Kaffee auf und dampften ihn anschließend wieder ein, um einen (zur allgemeinen Überraschung plötzlich erstarrenden) Instantkaffee zu erhalten. Auch wenn natürlich keine Geschmacksprobe möglich war, sprachen die Düfte für sich: Der aufgebrühte Kaffee duftete aromatisch, der übrigbleibende Kaffeesatz hingegen behielt das Raucharoma.



Bewertung der AG:

Am Schuljahresanfang war ich sehr gespannt, ob die AG organisatorisch „coronakonform“ funktionieren würde. Meine Planung war, immer nur Schüler derselben Kohorte miteinander experimentieren zu lassen. Um es vorwegzunehmen: Es hat tatsächlich gut funktioniert, auch wenn das Arbeiten einige Male ein bisschen schwierig war (schließlich durften sich die Gruppen auch bei ihren Laufwegen nicht begegnen). Rückblickend bin ich sehr froh, auch in diesen besonderen Zeiten die AG „gewagt“ zu haben, denn auch wenn im Winter manchmal Gruppen wegen Quarantäne fehlten, war die AG für viele Teilnehmer ein besonderer Lichtblick in dieser ungewöhnlichen Zeit.

## Mathematik/Informatik: Spaß am logischen Denken

S. Kintzi , M. Eichhorn – Hochrhein-Gymnasium Waldshut

### Inhalte, Ablauf, Methoden

In dieser AG ging es um verschiedenste Fragestellungen aus den Bereichen Mathematik und Informatik. Das gesamte Schuljahr wurde in fünf größere Blöcke unterteilt: Einführung in die Programmierung bzw. Weiterentwicklung schon bestehender Fähigkeiten, Lösen und Erstellen von Escape-Rooms, Erleben von Unimathematik, Erkennen und Erforschen von Mathematik im Alltag und Lösen von Knobelrätseln in allen denkbaren Variationen.

Wir trafen uns jeden Donnerstag für eine Doppelstunde. Meist fand eine Zweiteilung der Stunde statt: In der ersten Hälfte wurde das gerade behandelte Thema gemeinsam erarbeitet und im zweiten Teil der Doppelstunde durften die TeilnehmerInnen einzeln oder in Kleingruppen selbst kreativ werden und auf ihrem Niveau etwas zum Stundenthema produzieren.

Im Themenblock „Programmieren“ erhielten die Kinder mit der Programmiersprache „Scratch“ einen Einblick in die Welt der Programmierung. Sie konnten sich in individuellem Tempo zunächst mit der Benutzeroberfläche vertraut machen und nach und nach mit Hilfe ausgearbeiteter Lernvideos das Programmieren eigener Spiele oder Stories in verschiedenen Schwierigkeitsniveaus aneignen.



Die Motivation in dieser Einheit war bei allen TeilnehmerInnen sehr hoch. Das lag sicherlich unter anderem daran, dass es bei „Scratch“ nahezu keine Tipparbeit gibt und die Kinder sehr schnell Erfolge beim Programmieren haben. Außerdem kann grafisch sehr kreativ vorgegangen werden und jeder kann seine Projekte nach eigenen



Vorstellungen gestalten. So erstellte eine Gruppe beispielsweise einen animierten Werbefilm für die Mathe-AG, andere Schüler perfektionierten ihre Fähigkeiten bei der Implementierung von Soundeffekten und wieder andere programmierten aufwändige Spiele.

Das gegenseitige Ausprobieren fertiger, funktionierender Spiele oder das Präsentieren entstandener Stories war natürlich immer ein Highlight.

Im Themenblock „Escape-Rooms“ beschäftigten sich die SchülerInnen zunächst mit bereits existierenden Escape-Rooms. Neben dem Entwickeln von Lösungsstrategien hatten die TeilnehmerInnen aber auch die Aufgabe darauf zu achten, wie die Escape-Rooms aufgebaut sind, wie die Aufgaben und Rätsel gestellt wurden und welche Tricks und Mechanismen die Ersteller benutzt haben. Auf diese Weise konnten sich die SchülerInnen auf den zweiten Teil des Themenblocks – dem Erstellen eigener Escape-Rooms – vorbereiten. In diesem Teil arbeiteten die SchülerInnen in Kleingruppen und erstellten mit äußerster Sorgfalt knifflige, spannende und abwechslungsreiche Escape-Rooms auf dem ganzen Schulgelände. Das gegenseitige Testen der fertigen Escape-Rooms bereitete allen sehr viel Freude: So begaben wir uns gemeinsam auf die Suche nach der „goldenen Nuss“ oder bahnten uns einen Weg durch ein Labyrinth aus mathematischen Fragen.

In der Einheit „Erleben von Unimathematik“ tauchten die TeilnehmerInnen in die Welt der höheren Mathematik ein. Das gemeinsame Hören und Analysieren von einfachen Vorlesungen motivierte die SchülerInnen dazu, selbst mehr über mathematische Phänomene, Sätze und Beweise zu erfahren.

Lisa und Ben sind irgendwie in der Schule gelandet und wissen nicht, wie sie hier her gekommen sind.

Eine mysteriöse Stimme erzählte ihnen über die Lautsprecher, dass sie erst die 4 Aufgaben heraus finden müssen um nach Hause zu gelangen.

### 1. Aufgabe

2U 3R 3U 1U 1L 2U  
3R 2U 2O **Ziel** 2O 2L  
5R 2O 1O 2O 2O 1O  
3O 2R 1L 2L 4L 3O

Auszüge aus den Escape-Room-Aufgaben der SchülerInnen

### 2. Aufgabe

Bilde die Quersumme vom Wort und du hast den richtigen Raum.

Hallo

|      |      |
|------|------|
| A 5  | U 16 |
| B 11 | V 14 |
| C 12 | W 7  |
| D 8  | X 3  |
| E 18 | Y 2  |
| ---  | Z 1  |

Am Ende der Einheit spielten die AG-TeilnehmerInnen selbst ProfessorInnen und hielten kurze „Vorlesungen“ vor den anderen AG-TeilnehmerInnen, in denen sie die Ergebnisse ihrer Rechercharbeiten kreativ präsentierten.

Im Themenblock „Erkennen und Erforschen von Mathematik im Alltag“ sollten die AG-TeilnehmerInnen darauf sensibilisiert werden, wo ihnen Mathematik im täglichen Leben begegnet.

Zunächst bekamen die SchülerInnen verschiedene Beispiele von angewandter Mathematik. Diese dienten als Impulse für weitere Recherchearbeiten in Kleingruppen: Die TeilnehmerInnen nutzten eigene Erfahrungen, recherchierten im Internet und führten Interviews mit Passanten, um mehr über Mathematik im Alltag zu erfahren.



Rechenmethode für die Multiplikation



1. Schritt.  
*Gänseblümchen*



3a. Schritt:  
*Weiße Seite*



Auszüge aus dem Vortrag eines Schülers zum Lösen eines Zauberwürfels

Ihre Ergebnisse präsentierten die Gruppen in Form von Plädoyers für die Wichtigkeit der Mathematik. In diesen ging es z.B. darum, dass verschiedene Berufszweige nicht ohne Mathematik auskämen, dass man ohne Mathematik nicht einkaufen gehen könne und auch der Straßenverkehr ohne das Zutun von Mathematikern nicht funktionieren könne.

Immer wieder lösten die Kinder mit großer Ausdauer und Neugier verschiedenste Rätselgeschichten, zerbrachen sich die Köpfe über teilweise sehr schwierige Logicals und waren mit Freude dabei, diverse Knobel- und Rechenspiele zu spielen – auch gegeneinander.

Das gesamte Schuljahr über stand das selbstständige und individuelle Arbeiten und Knobeln im Vordergrund, so dass es kein Problem war, den unterschiedlichen Wissensniveaus der Schülerinnen und Schüler gerecht zu werden. Jeder konnte in seinem Tempo arbeiten, entweder allein, mit Partner oder in Kleingruppen. Zwischendurch gab es auch Phasen, in denen gemeinsam etwas erklärt oder erarbeitet wurde. Mal gab es Arbeitsblätter, mal sollten die Schüler eigene Präsentationen erstellen.

### Abschließende Beurteilung

Durch den großen Altersunterschied zwischen Fünft- und Siebtklässlern war die Gruppe vom Wissensniveau her sehr heterogen. Bei vielen Knobelaufgaben konnte dem entgegengewirkt werden, indem



Aufgaben in verschiedenen Schwierigkeitsniveaus angeboten wurden. Auch die restlichen Themen waren gut geeignet, dem eigenen Niveau entsprechend zu arbeiten. Die SchülerInnen waren insgesamt sehr aufgeweckt und zeigten großes Interesse an den verschiedensten Problemstellungen.

Abschließend lässt sich sagen, dass die Schüler das gesamte Schuljahr über toll mitgearbeitet haben und mit Freude bei der Sache waren.

Es ist schön zu sehen, mit welcher Begeisterung die Kinder die AG besuchen.

## **Physik: Physikexperimente zum Staunen**

Dr. M. Ahlbrecht – Realschule im Bildungszentrum Bonndorf

Die Hochrhein-Seminar-AG „Physikexperimente zum Staunen“ hatte im Schuljahr 2021/22 sieben Teilnehmer/innen (1 Mädchen, 6 Jungen). Die Schüler/innen besuchten die Klassenstufen 5 und 6 der Realschule. Sie brachten unterschiedliche Erfahrungen und Vorkenntnisse mit, hatten aber alle ein großes Interesse an naturwissenschaftlichen Fragestellungen.

Im Rahmen der AG wurden die Teilnehmer zu „Hobbyforschern“. Wir betrachteten gemeinsam erstaunliche physikalische Phänomene aus den Bereichen Optik, Akustik, Mechanik, Elektrizität, Wärmelehre und Magnetismus und untersuchten sie in Experimenten. Wir nutzten dabei sowohl Alltagsmaterialien als auch spezielle wissenschaftliche Geräte und geeignete Apps für Smartphones und Tablets.

Zu Beginn der AG lernten sich die Schüler/innen der verschiedenen Klassen(stufen) kennen. Sie erfuhren, dass es sich bei der Physik um eine Naturwissenschaft handelt, die sich mit Naturgesetzen beschäftigt. Sie lernten an einer einfachen Fragestellung (Leitet Wasser Strom?) wie Naturwissenschaftler arbeiten und Erkenntnisse gewinnen: Ausgehend von einer Beobachtung oder Fragestellung wird eine Vermutung aufgestellt. Um diese zu bestätigen oder zu widerlegen, plant man ein Experiment, führt es durch und wertet es aus. Wird die Vermutung bestätigt, hat man eine Erklärung gefunden. Wird die Vermutung widerlegt, beginnt der Kreislauf wieder von vorne mit einer neuen Fragestellung oder Vermutung.

Beispielhaft werden im Folgenden einige Experimente beschrieben, die wir im Kurs durchgeführt haben:

Wir haben uns mit der Bauweise und Statik von Brücken beschäftigt. Die jungen Forscher/innen versuchten zunächst aus 1-3 Papierblättern Brücken zu bauen. Durch geschicktes Falten und zusammenstecken (ohne Kleber!) gelang es schließlich Brücken zu bauen, die mehrere Hundert Gramm Gewicht tragen konnten. Mit Kapla-Steinen haben die Schüler/innen untersucht, wie man Brücken mit möglichst großer Spannweite bauen kann. Mit größeren Mikado-Stäbchen gelang es schließlich eine fast zwei Meter lange „Leonardo“-Brücke zu bauen; natürlich ohne die Stäbchen zu kleben!



Abbildung 1: Bauweise und Statik von Brücken

An anderer Stelle haben wir uns mit der Schallgeschwindigkeit beschäftigt. In ihrem Alltag hatten die Schüler/innen schon die Beobachtung gemacht, dass bei einem Gewitter zwischen dem sichtbaren Blitz und dem Geräusch des Donners manchmal mehrere Sekunden vergehen, obwohl Blitz und Donner ja gleichzeitig stattfinden. Die Teilnehmer/innen hatten natürlich schon von der Schallgeschwindigkeit gehört und so versuchten wir sie im Klassenzimmer zu bestimmen. Dies stellte sich als sehr schwierig heraus, da beim lauten Klatschen keine Verzögerung zwischen der optischen Wahrnehmung und dem Geräusch auszumachen war. Wir verlagerten das Experiment auf den Schulhof und konnten bei größeren Entfernungen tatsächlich einen zeitlichen Abstand zwischen optischer und akustischer Wahrnehmung ausmachen. Wir führten mehrere Messungen durch und errechneten den Mittelwert bei etwa 300 m/s.

Zurück im Klassenzimmer gelang es uns mit Hilfe der akustischen Stoppuhr in der App „Phybox“ die Schallgeschwindigkeit von 343 m/s sehr exakt zu bestimmen.

Ein besonderes Highlight war der Besuch des Kinder- und Jugendmuseums in Donaueschingen. Wir nahmen am Workshop „Täuschend echt? – Zauberei oder ein Knick in der Optik?“ teil. Die Schüler/innen erfuhren viel über die Funktionsweise des Auges und über optische Täuschungen. Gemeinsam erstellten sie einen Daumenkino-Kurz-Film. Besonders faszinierend und überraschend fanden wir jedoch die sogenannten „Kippbilder“: Hier können in einem Bild zwei verschiedene Motive gesehen werden, allerdings nicht gleichzeitig, sondern in einem abrupten Wechsel. So sieht man in dem Beispiel entweder eine nach links schauende alte Frau oder eine von uns wegschauende junge Frau.

Im Laufe des Schuljahres fand jeder ein in unserem Rahmen durchführbares Experiment, und befasste sich mit dessen Aufbau und Erklärung. In unseren drei Abschlussshows am Ende des Schuljahres präsentierten die Teilnehmer/innen schließlich ihre Experimente vor einem Publikum. Dazu wurden die 4. Klassen der Grundschule Bonndorf eingeladen. Ihnen konnte die vielfältige und spannende Welt der Physik anschaulich und



Abbildung 2: Kippbild  
(Quelle: Wikimedia commons)

praxisnah vorgestellt werden. Bei einigen Experimenten konnten sie sogar mitmachen. Bei vielen der jungen Zuschauer/innen wurde die Neugierde und vielleicht auch Begeisterung für das Fach geweckt.

**Schlussbetrachtung:** Die AG „Physikexperimente zum Staunen“ hat sowohl Schüler/innen also auch mich als Physiklehrer immer wieder zum Staunen gebracht. Die Schüler/innen nahmen mit großem Interesse und Begeisterung daran teil und bereicherten den Verlauf des Kurses durch eigene Ideen, Vorschläge und weiterführende Fragen. Sie freuen sich darauf, dass ab der 7. Klasse Physik als „richtiges Schulfach“ auf dem Stundenplan stehen wird.

## Abschlussveranstaltung der AGs

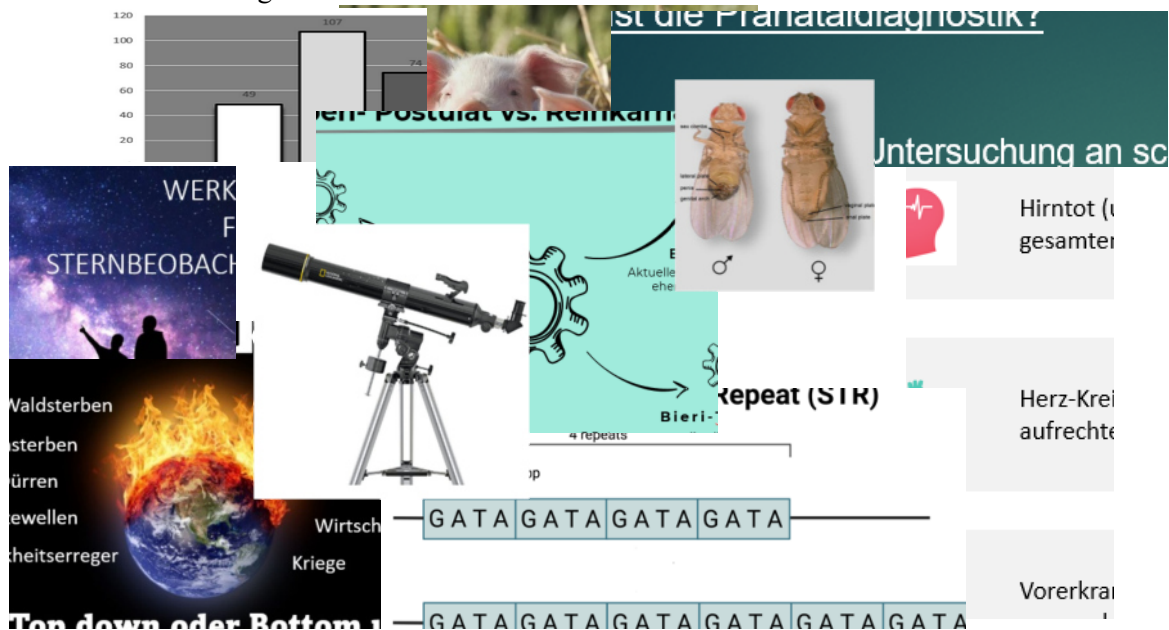
### Unter- und Mittelstufe

Die Abschlussveranstaltung der Unter- und Mittelstufe wurde am 8.7.2022 durchgeführt. Die AGs präsentierten im Forum ihre Arbeit des vergangenen Schuljahres für die AG-TeilnehmerInnen der jeweils anderen AGs.



### Oberstufe

Für die Oberstufe wurde wegen der teilnehmenden AbiturientInnen das Abschlusstreffen aller AGs schon am 3.6.2022 durchgeführt.



## Vortragsreihe der Oberstufe

Die Vorträge fanden jeweils an einem Freitag von 15:00 – 16:30 Uhr statt.

trial and error? Wie funktioniert die Produktentwicklung von Fleischersatzprodukten?

Christina. Kendler

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)/ Lebensmittelverfahrens-technik (LVT)

12.11.2021



Der heutige Vortrag einer Ingenieurin wird den Schwerpunkt auf die verfahrenstechnischen Möglichkeiten industrieller Produktion fleischähnlicher Lebensmittel legen. Bzgl. ethischer, gesundheitlicher oder medizinischer Aspekte der Ernährung muss auf die entsprechenden Fachgebiete verwiesen werden.

Ethische, ökologische und ernährungsphysiologische Gründe haben in letzter Zeit dazu geführt, dass die Nachfrage nach sogenannten „Fleischersatzprodukten“ so stark angestiegen ist, dass ein Verfahren zur Produktentwicklung notwendig geworden ist. Grundsätzlich stellen und stellen sich aber auch ähnliche Fragen z.B. bei der Entwicklung von „Käseersatzprodukten“, die aber momentan nicht so im öffentlichen Fokus stehen.

Ein ökologisches Argument für Fleischersatz ist z.B. der Wasserverbrauch. Zur Herstellung eines Gramms reinen Fleischproteins benötigt man ca. 112L Wasser, wohingegen für die Herstellung der gleichen Menge pflanzlichen Proteins aus Körnerprodukten nur etwa 19L Trinkwasser verbraucht werden.



Bei Fleischersatzprodukten handelt es sich um Lebensmittel, die fleischähnliche Eigenschaften aufweisen, jedoch ausschließlich auf pflanzlichen Proteinen („Eiweißen“) basieren.

Sinnvollerweise greift man also auf proteinreiche Pflanzen als Ausgangsrohstoff zurück.

Fleischähnlich bedeutet, ähnlich in

... Aussehen

... Geschmack

... Textur

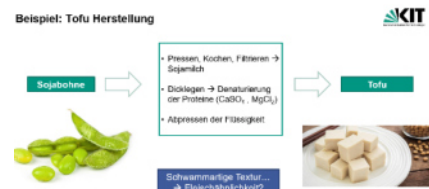
... Nährstoffgehalt,

wobei der Begriff „Textur“ die Stoffstruktur und „Bissfestigkeit“ beschreibt.

Aus der Sojabohne entsteht durch

- Pressen, Kochen, Filtrieren eine Sojamilch
- dann wird durch Dicklegen eine Denaturierung der Proteine ( $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ) erreicht
- und durch anschließendes Auspressen der Flüssigkeit

Tofu weist eine „schwammartige“ Textur auf und entspricht noch

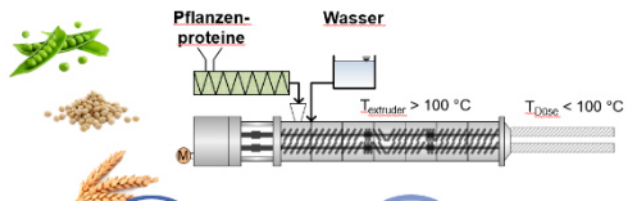


nicht unserer Vorstellung eines fleischähnlichen Produktes.

Verfahrenstechnisch kann die Proteinabtrennung mit einem sogenannten „Extruder“ vorgenommen werden.

Die pflanzlichen Rohstoffe werden unter Zugabe von Wasser im Extruder zerkleinert, vermischt, erhitzt, gepresst und wieder entspannt („Druckentspannung“). Je nach Ausprägung („Stellwert“), Art und Weise und der zeitlichen Dauer der einzelnen Verfahrensschritte variiert das Ergebnis.

**Die Extrusion als geeignetes Verfahren zur Herstellung von FE**



Texturiertes Pflanzenprotein (TVP) weist die beschriebene trockene, schwammartige, tofuähnliche Textur und einen Restwassergehalt von bis zu 30% auf.

**Texturiertes Pflanzenprot**

→ Expandierte, poröse, schwamm Struktur



bis ca. 30%Wasser (getrocknet)

Nass-extrudierte Proteinprodukte weisen dagegen eine faserförmige, aufgeschäumte, dichte und nicht entspannte Struktur mit mehr als 40% Wassergehalt auf.

Die Aufschäumung wird durch eine Druckbehandlung bei bis zu 80 bar und nachfolgender Entspannung erreicht. Die Aufschäumung ist ein bekanntes Verfahren aus der Herstellung von Frühstückscornflakes.

**Nass-extrudierte FEPs**

→ Nicht-expandierte, faserförmige, dichte Struktur



ab ca. 40%Wasser (aufgeschwemmt)

An dieser Stelle fügt Frau Kendler einen Exkurs über den typischen Verlauf einer Produktenwicklung im Nahrungsmittelbereich ein.

In der industriellen Anwendung soll am Ende eines Produktentwicklungsprozesses nicht ein zufällig entstandenes Produkt stehen. Stattdessen soll in mehreren Verfahrensschritten mit kalkulierbarem Zeit- und Kosteneinsatz ein Produkt entwickelt werden, das bestmöglich auf die Zielgruppe zugeschnitten ist und welches in großen Stückzahlen maschinell hergestellt werden kann.

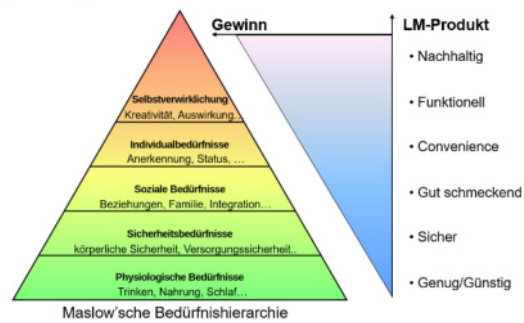
In der Regel ist dazu die Zusammenarbeit mehrerer Fachleute in einem interdisziplinären Team notwendig.

Die Zielgruppe, also künftigen Käufer, erwarten von dem Produkt, dass es bestimmte Bedürfnisse bedient. Die Maslow'sche Bedürfnishierarchie beschreibt als psychologisches Modell eine Hierarchie menschlicher Bedürfnisse.

In Anlehnung an das Modell, steigt die Gewinnmöglichkeit, die mit einem Produkt erzielt werden kann, mit zunehmender Höhe der Hierarchieebene, die dieses Produkt bedient.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Bedürfnisse gemäß der Hierarchie aufeinander aufbauen und nicht übersprungen werden können. D.h., dass das Bedürfnis nach einem individuell zusammengestellten Müsli voraussetzt, dass auf der darunterliegenden Ebene überhaupt genügend Nahrung bereitsteht. Wenn dies der Fall ist, dann lässt sich mit einem „MyMüsli“ ein höherer Preis erzielen als mit einem „Standardmüsli“, weil mit einem „MyMüsli“ das höherwertige Bedürfnis nach Selbstverwirklichung bedient wird.

#### Produktgestaltung – Bedürfnisse erfüllen



Ein verbessertes Verfahren zur Entwicklung neuer Produkte sollte es also ermöglichen, von den Erwartungen der künftigen Käufer die zu produzierenden Eigenschaften herzuleiten.

Ein typischer Produktlebenszyklus startet mit einer kostenintensiven Investition in Rohstoffe und Entwicklungskosten. Zum Verkaufsstart startet das neue Produkt also mit einem hohen negativen Kontostand. Durch den erfolgreichen Verkauf werden diese aufgestauten Anfangskosten abgetragen, so dass die Anfangskosten irgendwann wieder eingefahren sind. Das Produkt hat sich dann amortisiert. Den Zeitpunkt, wann das Gesamtergebnis aus dem Minusbereich über die Nulllinie steigt, nennt man den „break-even-point“.



Um nun möglichst viel Gewinn mit einem neu entwickelten Produkt generieren zu können, ergeben sich zwei Teilziele:

- 1.: Produktentwicklungen effizient durchführen (d.h. kurze Entwicklungszeit, hohe Passgenauigkeit an die Kundenerwartungen und geringe Kosten)
- 2.: Den Lebenszyklus des Produktes möglichst lang ausdehnen, um es in großen Mengen und über einen langen Zeitraum verkaufen zu können.



Wir betrachten nun typische Auslöser („Initiatoren“) einer neuen Produktentwicklung:

- Der Markt „fordert“ neue Eigenschaften
- Der Markt braucht ein Ersatz/Nachfolgeprodukt (z.B. wg. eines Verbots von Strohhalmen durch die EU)
- Technologie-Pusch (Nutzung neuer technischer Möglichkeiten)
- Markttrends
- Wettbewerbsdruck (Wettbewerber bieten neue, bessere Produkte an)

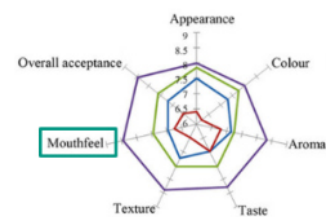
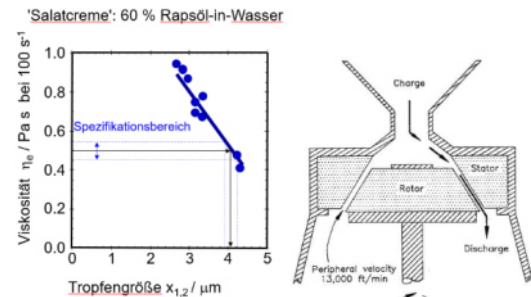
Bei der Entwicklung neuer Nahrungsmittel war man bisher eher auf zufällige Entdeckungen angewiesen. Die Entwicklungen basierten auf Experimentieren, also „trial & error“, und führten zufällig zur

Entdeckung neuer Produktangebote. Die Entwicklungszeit, die Kosten und die Zielgruppeneignung waren nur vage voraussehbar.

Ein systematisches Vorgehen bei der Produktentwicklung brachte hier eine entscheidende Verbesserung. Von der Erwartung der Zielgruppe ausgehend, soll nun eine Neuentwicklung in folgenden Entwicklungsstufen erfolgen:

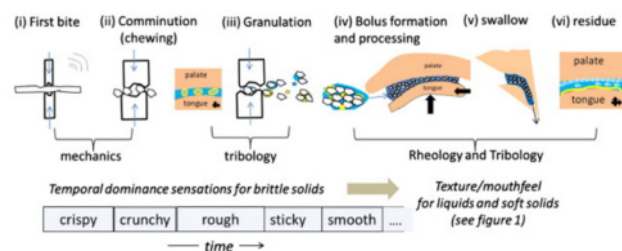
1. Erhebung der gewünschten „Performance“ des künftigen Produktes.  
Welche Eigenschaften macht dieses Produkt für den Kunden interessant?  
(Farbe, Aroma, Geschmack, Mundgefühl)
2. Die Ausprägung der Eigenschaften (Sinneseindrücke) werden qualitativ in einem Portfolio in einem mehrdimensionalen Koordinatensystem aufgetragen. Die überdeckte „Fläche“ wird mit anderen Produkten verglichen. (z.B. mit einer mehrdimensionalen Sensorik-Analyse) Viele positive Ausprägungen eines „guten“ Produktes dann spannen eine größere Fläche auf.
3. Es folgt das Herunterbrechen notwendiger technischer-Produkt-Eigenschaften, welche die gewünschten Eindrücke beim Verbraucher bewirken.

Wie sind die Zusammenhänge zwischen Energieeintrag und Tropfengröße?



z.B. Ein „Gutes Mundgefühl“ (Rheologische Werte) wird z.B. durch (Erst-)Bissfestigkeit und nachfolgende Kaufestigkeit, Körnung, geschmacklichen Soforteindruck und nachfolgende Geschmackseindrücke, Viskosität\* bestimmt.

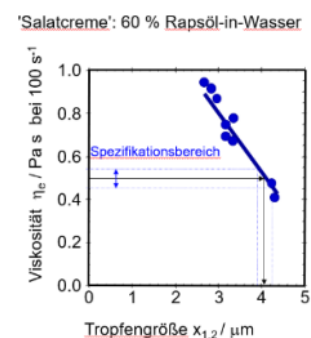
\*[„Fließeigenschaft/ Zähigkeit“: „Honig oder Wasser?“]



4. In einem weiteren Schritt erfolgt die Festlegung der Stoffstruktur durch Ableitung physikalisch zugrundeliegender Stoffeigenschaften. Diese sind nun nicht mehr subjektiv, sondern absolut messbar.

Z.B. ist die Produkteigenschaft „Viskosität“ von Salatcreme mit 60 % Rapsöl-in-Wasser direkt abhängig vom Strukturelement der „Tropfengröße“ des gebundenen Wassers.

5. Letztendlich lassen sich daraus dann Einstellungsparameter der Maschinen des Produktionsprozesses, z.B. des Extruders, ableiten.

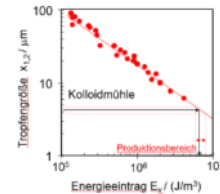


Die Tropfengröße (z.B. einer Mayonnaise) kann in einem technischen Prozess direkt über den Energieeintrag eingestellt werden. Das Zwischenprodukt aus den zerkleinerten Zutaten und Wasser wird



im Prozess durch einen rotierenden Kegelspalt gepresst und vermalen. Durch die einwirkenden hohen Scherkräfte verteilt sich das Wasser in sehr kleinen Tröpfchen im Gemenge.

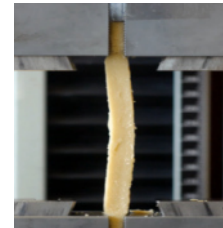
Die Energie, die in diesen Scherprozess eingebracht wird, verhält sich direkt proportional zur erzeugten Tröpfchengröße.



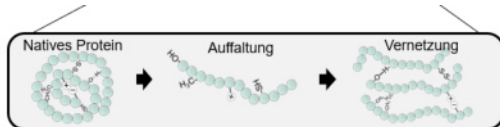
Wir haben nun als Produktentwicklungsprozess eine schrittweise Vorgehensweise erarbeitet, bei der die Prozessauslegung schrittweise aus der Performance abgeleitet werden kann.

...Exkurs Ende

Wenden wir uns nun wieder der Entwicklung und Herstellung eines Fleisch-Ersatz-Produktes zu. Fleisch weist eine ganz besondere „Textur“ (Härte, Sprödigkeit, Glätte) auf, die sich für uns Menschen z.B. deutlich von Käse oder Maultaschen unterscheidet. Ein Aspekt von „Textur“ lässt sich durch Messung der Reißfestigkeit in Längs- und in Querrichtung in objektive Zahlen fassen.



Zur Herstellung eines Fleischersatzproduktes werden die Proteine am Anfang des Extruders aufgespalten und stehen

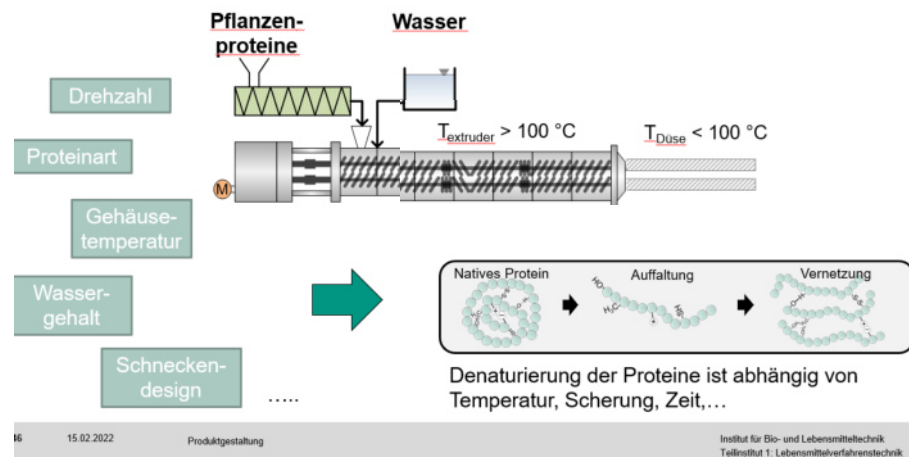


→ Einfluss auf die Fließeigenschaften (Viskosität)

■ danach als aufgefaltete Proteinketten in einem zähflüssigen (viskosen) Zwischenprodukt zur Weiterverarbeitung bereit.

Das Ziel im nächsten Bearbeitungsschritt ist, durch Vernetzung der Proteinketten eine Matrix zu bilden, die die gewünschte fleischähnliche Textur erzeugt. Diese Matrixbildung geschieht im Prozessraum am Ende des Extruders, indem das zähflüssige, „honigartige“ Zwischenprodukt durch eine Düse gepresst und deformiert wird. Aus dem honigartigen Zwischenprodukt wird nun, durch Vernetzung, ein „gummiartiges“, festeres Material.

### Unabhängige Stoff-, Maschinen- und Prozessparameter



Wir können nun durch zielgeführte Variation der Zutaten und Extruderparameter und weiterer Maschinenparameter (Drehzahl, Proteinart, Temperatur, Wassergehalt, Schneckendesign und Energieeintrag) den Verarbeitungsprozess der Nahrungsprodukte effizient und zielgeführt gestalten. Damit war die Einführung in das Vorgehen beim „Produktdesign von Nahrungsmittelprodukten“ beendet und nach einer Vorstellung der Studienfächer und -inhalten am KIT folgte eine Fragerunde, in der weitere Aspekte zum Vortrag erläutert wurden:

Die Entwicklung von Ersatzprodukten für Fleisch resultiert im Wesentlichen daher, dass Fleisch und fleischähnliche Produkte momentan stark vom Verbraucher nachgefragt werden. Es spräche nichts dagegen, die gleiche Vorgehensweise für die Entwicklung von Superfood-/Proteinprodukten (ohne den Wortteil „-ersatz-...“) oder Käse-Ersatzprodukten anzuwenden. Als Proteingrundsubstanz sind darüber hinaus nicht nur Pflanzenproteine, sondern z.B. auch Insektenproteine denkbar.

Die Tatsache, dass es derzeit relativ viele Fleischersatzprodukte gibt, beruht darauf, dass Fleisch, z.B. durch Braten, Grillen, Kochen eine ganze Bandbreite von individuellen Weiterverarbeitungen ermöglicht, die die speziellen Fleischersatzprodukte derzeit nicht bieten können.

Die Tröpfchengröße wird mit sogenannten Emulgatoren im Produkt möglichst lange aufrechterhalten. Eine zunehmende Verwässerung durch Zerfall der Tröpfchengröße kann unter anderem Auswirkung auf das Mindesthaltbarkeitsdatum (MHD) haben. Das MHD berücksichtigt per Gesetz auch optische und ästhetische Produkteigenschaften, auch dann, wenn keine gesundheitlichen Gefahren von sich veränderten Produkt ausgehen. Die optische Erscheinung kann auch ein Grund sein, warum eigentlich noch nicht unverträgliche Nahrungsmittel entsorgt werden müssen. (In „Großmutter's Küche“ wäre die Sauce, in der sich das enthaltene Wasser abgesetzt hat, ggf. einfach nochmal umgerührt worden.)

Bei der Produktentwicklung müssen die Verantwortlichen auch darauf achten, dass die Performanceziele nicht zu hochgesteckt werden, da das Endprodukt dann zu teuer würde und eventuell nicht mehr zu verkaufen wäre. Eine besondere Herausforderung stellt sich in langen Entwicklungsprozessen, bei

denen sich im Laufe der Entwicklungsphase die Anforderungen ändern können. Das weite Feld der Nahrhaftigkeit und der gesundheitlichen Verträglichkeit, z.B. in Bezug auf Allergieverträglichkeit der entwickelten Produkte, musste Frau Kendler fairerweise auf andere Fachdisziplinen verweisen.

Nach Beendigung der offiziellen Fragerunde leerte sich der Vortragssaal langsam, da manche Fragen noch einer Diskussion im kleinen Kreis bedurften.

Das Hochrheinseminar bedankt sich herzlich bei Frau Kendler und dem KIT für einen Einblick in die moderne Entwicklung von Nahrungsprodukten aus der Perspektive einer Ingenieurin.

### **Biomechanik des Springens und Sprintens von Weltklasseathleten mit Amputationen**

*Prof. Dr. Steffen Willwacher, Hochschule Offenburg,  
Fakultät Maschinenbau und Verfahrenstechnik*

17.12.2021

(online)

Am 17.12.2021 war Professor Willwacher von der Hochschule Offenburg als Referent zu Gast im Hochrhein-Seminar. Der Vortrag wurde aufgrund der Corona-Situation im online-Format durchgeführt. Thema des heutigen Vortrags war „Biomechanik des Springens und Sprintens von Weltklasseathleten mit Amputationen“.

(Excerpt zum Vortrag, Prof Willwacher, 2022)

„Der Leistungssport bietet aufgrund der inhärenten Maximierungs- und Optimierungsbestrebungen ein interessantes Forschungsfeld zur Analyse menschlicher Bewegungen. In vielen Sportarten erfordert die Maximierung sportlicher Performance eine optimale Interaktion mit technischen Hilfsmitteln. Im paralympischen Sport kann die Verwendung eines technischen Hilfsmittels (z.B. einer Prothese) eine notwendige Bedingung sein, die die Ausübung einer Sportart erst ermöglicht. Herausragende Leistungen Paralympischer Sportler\*innen werfen allerdings auch immer wieder die Frage auf, ob es durch die Verwendung technischer Hilfsmittel zu einer Art „Techno Doping“ kommen kann.

Prof. Willwacher geht in seinem Vortrag auf die biomechanische Interaktion zwischen Menschen und Sporttechnologie ein und zeigt die Komplexität des Themas anhand der Biomechanik des Deutschen Weitspringers Markus Rehm auf. Markus Rehm erzielte in diesem Jahr mit 8,62 m eine Weite, die größer ist als der Deutsche Rekord von Menschen ohne Behinderungen (8,54 m).“

## Wie sollte man mit „Verschwörungstheoretikern“ diskutieren?

*PD Dr. Andreas Edmüller,  
 Ludwig-Maximilians-Universität, München*

21.01.2022  
(online)

Am Freitag, 21.01.2022 referierte PD Dr. Andreas Edmüller von der Ludwig-Maximilians-Universität, München via zoom zum Thema „Wie sollte man mit ‚Verschwörungstheoretikern‘ diskutieren?“. In Fortsetzung seines letztjährigen Vortrags „Immunsierungsstrategien in Naturwissenschaft und Verschwörungstheorie“ sollte es diesmal nicht um inhaltliche Schwächen sogenannter Verschwörungstheorien sowie die Begriffsdefinition von „Theorie“ gehen, sondern um praktischer Aspekte des Dialogs mit Vertretern ebensolcher „Theorien“.

### Der heutige Vortrag über die Kunst des Argumentierens gliederte sich in drei Teile:

1. typische Fehler
2. Begründung zu 1.
3. Erfolgsrezept

Als typische Fehler eines Wissenschaftsvertreters in der Auseinandersetzung mit einem Vertreter einer zu diskutierenden Verschwörungstheorie benannte Dr. Edmüller drei wesentliche Aspekte:

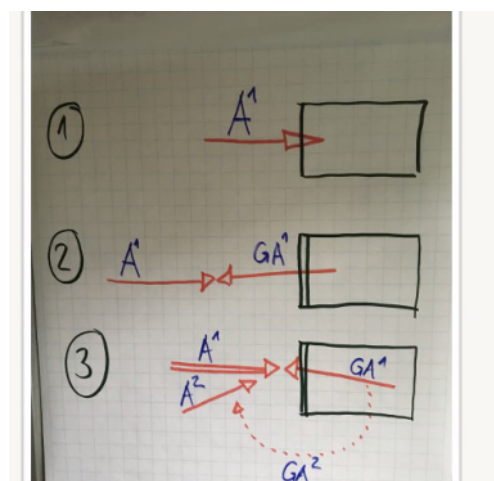


Zur Veranschaulichung wurden die Szene in einer Universitätsvorlesung beschrieben, in der eine typische „Krawallfrage“ vorgebracht wird. Das Ziel, im Rahmen der voranschreitenden Vorlesung den Teilnehmer in 2 Minuten vom Gegenteil zu überzeugen und zu besänftigen ist völlig unrealistisch.

Eine weitere Beispielsituation findet sich häufig in Talkshows, wenn ein Teilnehmer versucht, einen komplexen Sachverhalt in kürzester Zeit argumentativ darzulegen. Ein realistisches Ziel in dieser Situation wäre höchstens, mit einem souveränen Auftritt oder einem Konter „Punkte“ zu erzielen.

Aus eigener Erfahrung schätzt Dr. Edmüller das Vorhaben, den „Querdenkeronkel“ auf einer Familienfeier innerhalb von 15 Minuten von einer gegenteiligen Meinung zu überzeugen, als unrealistisches Ziel ein.

Zur Begründung erläutert Dr. Edmüller, warum das Vorbringen eigener Argumente in der Regel auf eine Konfrontation hinausläuft. Im Dialogmodell fordert ein Argument vorhersehbarerweise ein Gegenargument des andersdenkenden Gesprächspartners heraus, das oftmals mit einer inneren „Verschanzung“ kombiniert wird. Wenn der erste Gesprächspartner nun mit einem verstärkenden, zweiten Argument kontert, so ist der Grundstein für eine eskalierende Kampfkommunikation gelegt. Merkmale einer Kampfkommunikation sind erhöhte Lautstärke, schnelles und monologisiertes Sprechen und das nicht Eingehen auf das Vorhergesagte.



Das argumentative Kommunikationsmodell ist untauglich, weil die Hypothese „Argumente führen zu Meinungsänderung“ zwar in der Schule und im wissenschaftlichen Umfeld gelebt wird, aber im „normalen“ Leben aus psychologischen Gründen meist nicht trägt.

Das sogenannte **Trägheitsprinzip** beschreibt die Tatsache, dass eine Änderung der eigenen Meinung ein individuell mühsamer Prozess ist, insbesondere, wenn diese Meinungsbildung unter großer Anstrengung herausgebildet oder eingeübt wurde z.B. in einem engagierten Wahlkampf. Die menschliche Reaktion auf eine plötzlich eingeforderte Meinungsänderung ist typischerweise eine Abwehr, bei der Gegenargumente reflexartig zum Schutz der ursprünglichen Investition (Engagement) vorgebracht werden. Thomas Kuhn beschreibt beispielsweise in diesem Zusammenhang, dass wissenschaftliche Theorien erst mit deren letzten Vertretern aussterben.

Ein weiterer Grund der Abwehr gegen Argumente besteht darin, dass die Einflussnahme sehr oft als Angriff auf das **Selbstbild** empfunden wird.

Eine **Gruppenzugehörigkeit** des Gegenübers erschwert die Meinungsänderung zusätzlich, da die Zugehörigkeit zu einer Gruppe Schutz und Anerkennung ermöglicht und der Selbstwert teilweise auf der Zugehörigkeit zur Gruppe gründet. Die empfundene Bedrohung des Selbstbildes tritt besonders bei Diskussionen zu Glaubensfragen zu Tage. Ein eingefleischter Antisemit ändert seine Meinung nicht einfach so, kehrt also seiner Gruppe nicht aufgrund von Argumenten den Rücken.

Ein weiterer Grund für die Untauglichkeit des Modells „Meinungsänderung durch Überzeugung“ liegt in unserer Kultur begründet, bei der eine Meinungsänderung als Zeichen von Schwäche eingestuft wird. Um nicht als „Weichling“ oder „Wendehals“ zu gelten, werden insbes. im politischen Kontext oftmals Ausweichmanöver oder Umformulierungen bemüht.

Schließlich steht oftmals eine Haltung von „Wie du mir so ich dir“ im Raum, mit der sich gegen Argumente zu wehr gesetzt wird. Diese Haltung ist typisch aus Geschwisterkonflikten „Bruder-Schwester“ bekannt.

Im Ergebnis stellt Dr. Edmüller fest, dass das Grundmodell in der Universität und der Schule „Überzeugung durch Argumente“ leider nicht praxistauglich ist.

## Warum ist das Modell untauglich?

- **Trägheitsprinzip**
- **Selbstbild**
- **Gruppenzugehörigkeit**
- **Meinungsänderung: Zeichen der Schwäche**
- **Wie du mir, so ich dir!**

Als Zwischenergebnis halten wir fest, dass vor allem unrealistische Überzeugungsziele und unrealistische Zeitvorstellungen die angestrebte Meinungsänderung behindern. Darüber hinaus erschwert die Anwesenheit von Publikum die Meinungsänderung des Individuums unnötig. Und zuletzt blockieren Argumente und natürliche Angriffe auf die Person die Zielerreichung zusätzlich.

## Was sollte ich bleiben lassen

- Untaugliches Ziel
- Blitzlösung
- Publikum
- Person angreifen
- Argumente einsetzen

Aus dieser Vermeidungstaktik lassen sich nun schon einige direkte Verhaltensvorschläge ableiten:

Als Besondere Strategie kann hier sicherlich die generelle Vermeidung von Argumentationen gelten. Stattdessen bewährt es sich, den Gesprächspartner mittels offener, interessierter Fragen die Möglichkeit zur eigenen Reflektion zu ermöglichen.

### Fragen stellen:

Fragen lösen einen „Antwortreflex“ aus, wenn Sie höflich vorgetragen werden. Es wird ein Denkvorgang beim Empfänger initiiert, eine passende Antwort zu finden. Neugierige Fragen werden typischerweise nicht als Angriff auf die Person, sondern als Einladung zum Dialog empfunden. Eine Antwort auf eine kluge Frage wird vom Fragesteller nicht als Verteidigungshandlung empfunden. Die Frage wird vom Gefragten nicht als Angriff empfunden.

„Wer fragt deeskaliert, baut Kooperation auf und Konfrontation ab“

### Beispiele zur Eingangssituation des Fragers:

Beispiel: ChemTrail Theorie, bei der in Kondensstreifen am Flugzeughimmel Chemikalien unterstellt werden, die die Bevölkerung unfruchtbar machen soll.

Alternative Reaktionen:

- „So ein Quatsch!“ (eskalierend)
- oder
- „Was sind das für Chemikalien?“

## Wie sollte man vorgehen?

- Klares & realistisches Ziel
- Zeit nehmen
- 4 Augen
- Du bist mir als Person wichtig!
- **Fragen stellen!!**
- Kein Erfolgsdruck



- Wo und von wem werden die Chemikalien hergestellt?
- Wie kann man sich gegen diese Chemikalien schützen?
- Wer steckt dahinter?
- Wird diese Besprühung auf allen Kontinenten vorgenommen?
- Woher kommt das Geld für diese Flüge und Chemikalien?
- Worin liegt der Vorteil für Fluggesellschaften, die dies unterstützen?
- Angenommen diese Behauptung sei wahr:  
hat man schon einmal ein Betankungsvideo gesehen?
- Warum hat sich bisher kein Journalist einschleichen und darüber berichten können?
- Warum hat bisher noch niemand auf Schadensersatz gegen die Schäden geklagt?



Bzgl. des angestrebten Zeithorizontes ist zu beachten, dass eine eventuell eintretende Erkenntnis höchstwahrscheinlich nicht im Laufe des Gesprächs, sondern erst sehr lange nach dem Gespräch stattfinden wird (falls überhaupt).

#### Wie kommt man zu „KLUGEN Fragen“

Bis hierher sollte deutlich geworden sein, dass ein „Spinnst du, sowas zu glauben!“ wahrscheinlich nicht zielführend sein wird.

Ein wesentlicher Aspekt bei derartigen Dialogen besteht also darin, eine angemessene Frage zu formulieren.

Als thematische Intention könnten folgende Ausgangspunkte dienen:

- „Was sind genau die Hauptgründe, dass du glaubst, dass das beschriebene Phänomen/Verhalten überhaupt stattfindet“.
- „Bitte erkläre mir das genauer, denn ich möchte es verstehen.“
- „Wenn deine Verschwörungstheorie stimmt, müsste dann nicht ebenfalls...“.  
(Stellen Sie Fragen zu dieser „Verschwörungswelt“)
- Ich verstehe nicht...
- Mich verwundert, dass

**Kluge Fragen**

- **Offene Fragen**
- Wenn die V-T stimmt, **was müsste dann der Fall sein?**
- Welche **Lücken** sehe ich in der V-T?
- Welche **Widersprüche** sehe ich in der V-T?
- Kurz: Was verstehe ich nicht und worüber wundere ich mich?

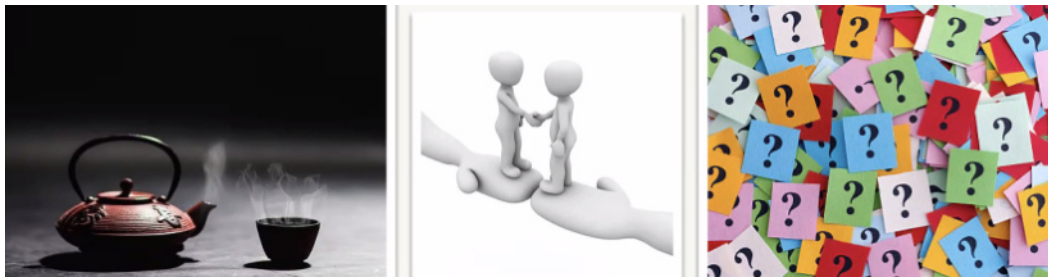
Wenn Sie Brüche und Lücken in der Verschwörungstheorie erkennen:

- „Wieso hat noch niemand die Chemikalien analysiert“
- V. Orban und V. Putin sind Impfgegner: „Wieso hat V. Putin sich dann impfen lassen?“

Und seien Sie sicher, dass ungeklärte Fragen in jedem Menschen weiterarbeiten.

#### Quintessenz:

Eigentlich gebietet es die angewandte Ethik unserem Gegenüber respektvoll gegenüberzutreten und ihn anständig wahrzunehmen, selbst wenn wir momentan aufgebracht sein sollten.



Wenn Zeit und Tee ausreichend vorhanden sind, dann kann man gleichberechtigt und gemeinsam offene Fragen klären.

An dieser Stelle schließt der online-Vortrag von Prof. Edmüller zur Dialogkunst bzgl. heikler Themengebiete.

Anschließend wurden im online-Auditorium unter anderem folgende Fragen erörtert.

Falls der Dialog in eine Konfrontationssituation rutscht. Wie kann man diese Situation wieder beenden? Eine Möglichkeit besteht lt. Dr. Edmüller darin, das Gespräch zu unterbrechen und die Konfrontation anzusprechen und zu thematisieren. Wenn die Situation geklärt werden konnte, dann kann man den Dialog wieder unbelastet aufnehmen. In dem Fall, dass die Beendigung der Konfrontation nicht mehr gelingt (hartnäckiger Aggressor), dann sollte man sich dies bewusst machen. Heuchelei der und/oder gespielte Zustimmung ist sicher nicht das gewünschte Ergebnis. Vertagen Sie die Unterhaltung besser oder brechen Sie sie ggf. ganz ab.

Gibt es einen guten Einstieg in einen schwierigen Dialog?

Beim typischen Gespräch in der Fußgängerzone, sollte man sich vorher bewusst machen, was das eigene Ziel ist: Möchte ich einfach „Spaß“ haben? Wie gehe ich auf die andere Person zu? Will ich einfach mit der Person ins Gespräch kommen?

Wie kann ich reagieren, wenn der Andere mich als jungen Menschen einfach nicht ernst nimmt?

Diese Art des Umgangs ist eine Art von Manipulation. Dr. Edmüller, als Niederbayer wird oft wegen seines Dialektes belächelt. Sein Tipp:

Rational herangehen: Machen Sie sich klar, ob Sie bereit sind, mit jemanden zu sprechen, der Sie nicht ernst nimmt. Dr. Edmüller schlägt vor, den Dialog kurz zu unterbrechen und den Aspekt „Ich fühle mich nicht ernst genommen“ zu thematisieren und erst fortzufahren, nachdem die Situation passend geklärt wurde.

Wie verhalte ich mich, wenn ich mich durch den Überzeugungseifer einer anderen Person bedrängt fühle?

Zuerst ist es hilfreich sich klarzumachen, ob Sie bereit sind, die eigene Lebenszeit und Energie in einen derartigen Dialog zu investieren. Treffen Sie Ihre Investitionsentscheidung im Sinne von „Wieviel ist diese Person mir Wert!“. Im hartnäckigen Fall können Sie ein Alternativangebot für andere Themen unterbreiten oder Sie dürfen - nach einer entsprechenden Ansage- auch das Gespräch von Ihrer Seite beenden. Achten Sie darauf, dass Sie in solchen Situationen nicht zum Opfer werden! Verteidigen Sie Ihre eigene Lebenszeit und Energie. Fassen Sie Mut NEIN zu sagen

Mit dem Verweis auf die „Nikomachische Ethik“ (Aristoteles) schließen wir diesen interessanten Vortrag und bedanken uns bei Dr. Edmüller und allen TeilnehmerInnen.



## Die Sprache der Bienen

Prof. Dr. Jürgen Tautz,  
Biozentrum der Universität Würzburg,  
Bienenforschung Würzburg e.V.

11.02.2022  
(online)

Am 11.02.2022 war Professor Tautz vom Biozentrum der Universität Würzburg als Referent zu Gast beim Hochrheinseminar. Das Thema des Vortrags für die OberstufenschülerInnen lautete „Die Sprache der Bienen“. Aufgrund der Corona-Pandemiesituation wurde der Vortrag im online-Format durchgeführt.

Bienen leben in sehr gut organisierten Superorganismen mit bis zu 50.000 Exemplaren in einem einzigen Honigbienenest.



Neben der großen Gruppe der Wildbienen, leben die uns viel besser bekannten Honigbienen im Wesentlichen in zwei Welten. Der Großteil des Lebens findet in einer abgeschlossenen Behausung (typischerweise in Baumhöhlen), der andere Teil zum Blütenbesuch im Freien statt. Die Honigbienenvölker überleben viele Jahre und überwintern in ihren Behausungen.



Wir kennen aus unserer eigenen Beobachtung eher die „Seniorinnen“, also Sammelbienen in ihrem letzten Lebensabschnitt, der ca. eine Woche umfasst. Die Seniorinnen sammeln in dieser Zeit überwiegend Nektar und Pollen an Blütenpflanzen.

Ein Bienenvolk besteht aus einer Königin, mit einem größeren Körperbau. Sie bringt in den Sommermonaten täglich ca. 2.000 Nachkommen hervor. Die zweite Gruppe besteht aus wenigen (ca. 1.000) männlichen Bienen, den Drohnen, deren Aufgabe hauptsächlich in der Befruchtung der Königin besteht. Die größte Gruppe des Bienenvolkes bilden die weiblichen Arbeitsbienen mit ca. 50.000 Exemplaren.



### Kernfragen in der Forschung sind:

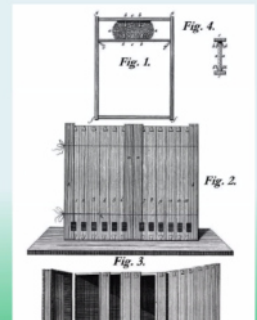
- Wie ist der Bienenstaat organisiert?

Wie wird unter den 50.000 Teilnehmern kommuniziert?

Menschen beobachten Bienen seit langem. Einer der frühesten Bienenforscher war F. Huber, der trotz seiner Erblindung wichtige wissenschaftliche Grundlagen für die Nachwelt erarbeitete.

Weitere grundlegende Erkenntnisse erarbeitete Karl von Frisch, für die er 1973 mit dem Nobelpreis in Medizin ausgezeichnet wurde, weil es keinen separaten Nobelpreis für Biologie gibt.

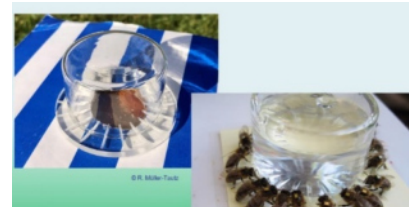
F. Huber 1806  
Ein blinder Bienenforscher



Karl von Frisch (1886 – 1982)



Viele Eigenarten der Bienen lassen sich sehr gut an deren Futterplätzen studieren. Wenn man einen Futterplatz einrichtet, dann erleichtert dies die Forschung erheblich, zumal ein Futterplatz sehr einfach auf sehr kleinem Raum (4x4cm, Zuckerwasser) eingerichtet werden kann. Wenn das Futter schwieriger zugänglich ist, dann nehmen Bienen diese kleine „Herausforderung“ gerne an.



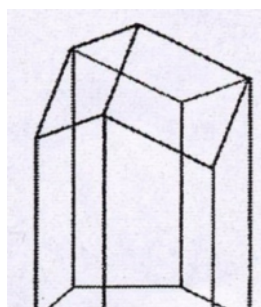
Die Beobachtung staatenbildender Bienen, die auf dem freien Feld mit bis zu 30km/h umherschwirren, musste sich in der Vergangenheit auf Bienenstöcke und künstliche Futterplätze beschränken. Was unterwegs auf dem Flug geschieht, ist noch kaum erforscht.

In heutigen Forschungsvorhaben werden die Bienen mit kleinen RFID-Chips bepackt, so dass sich selbst sehr viele Bienen im Bienenstock und an einem Futterplatz mit einfachen Sensoren elektronisch unterscheiden und erfassen lassen.



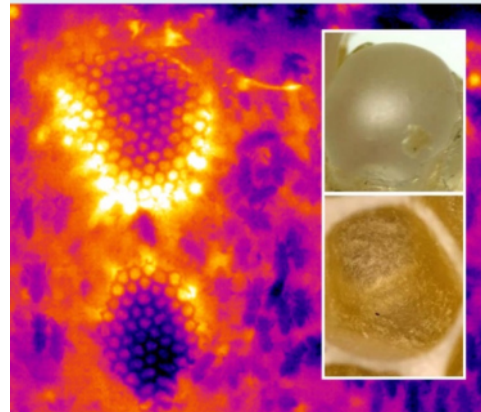
Phänomen: perfekter Wabenbau

Schon der Astronom Johannes Kepler stellte bei der Frage, wie die Bienen die bekannte, perfekt anmutende Wabenstruktur zuwege bringen, die Hypothese auf, dass Bienen hierzu über ein sehr exaktes mathematisches Verständnis und eine ausgeklügelte Kommunikation untereinander verfügen müssten, um die entsprechenden Winkel großflächig und exakt konstruieren zu können.



Die genaue Beobachtung ergibt jedoch, dass die Bienenwabenstruktur sich ganz einfach, auch ohne detaillierte Kommunikation und exakte Mathematik, erzeugen lässt.

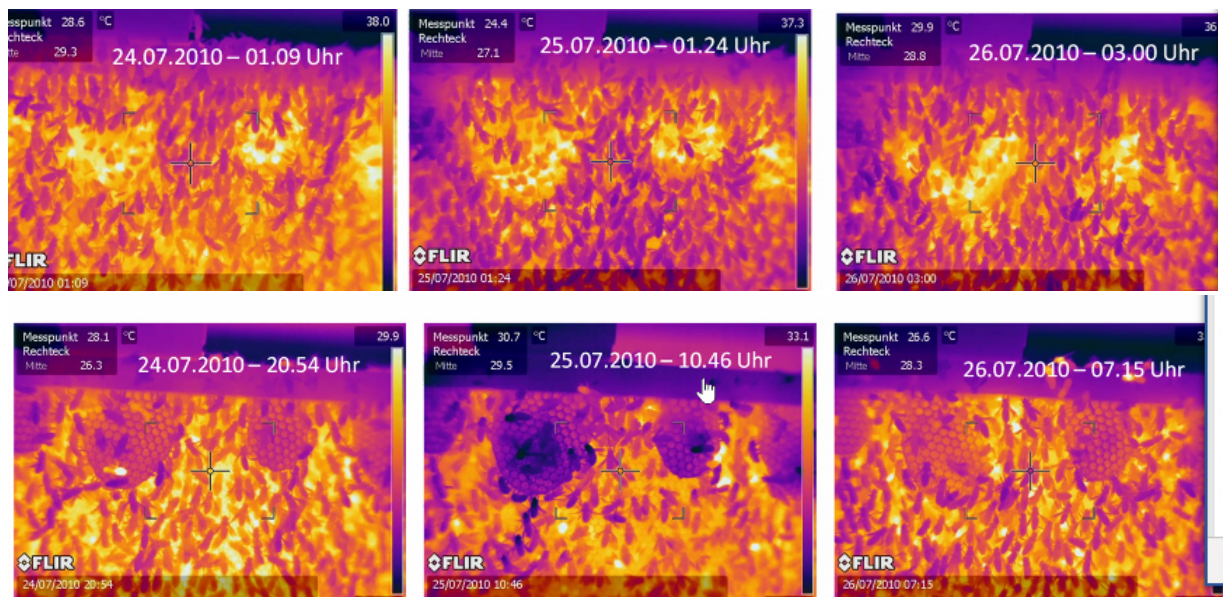
Beim Bau wird die einzelne Zelle aus Wachs zunächst als runder Zylinder gebaut und dann durch spezielle Bienen „beheizt“ (im Bild weiß eingefärbt). Durch die Erwärmung verfließt die ursprüngliche Form, ohne jedoch zu schmelzen, und drängt selbstständig in die exakt sechseckige Struktur (vgl. Seifenblase). Viele eng einander angeordnete Wachszellen bilden (wie Seifenblasen) nun automatisch das bekannte Sechseckmuster. Die sechseckige Form der sich berührenden Zellen entspricht nämlich dem energetisch günstigsten Kompromiss aus der Kugelform und den Anziehungskräften an den Kontaktflächen, um möglichst große Kontaktflächen zu bilden.



Nach der Beendigung der „Beheizung“ und mit zunehmender Abkühlung der Einzelzelle verfestigt sich dann diese Sechseckstruktur.

Die Zellen werden natürlich von innen nach außen angebaut, die Sechseckstruktur entwickelt sich erst durch das anschließende Durchwärmen, dann aber in der zweiten Phase quasi von innen nach außen.

Im der folgenden Fehlfarbenaufnahme sind 3 verschiedene Heizbereiche (helle Bereiche) und jeweils darunter die Abkühlphase mit der stabilisierten Wabenstruktur erkennbar.

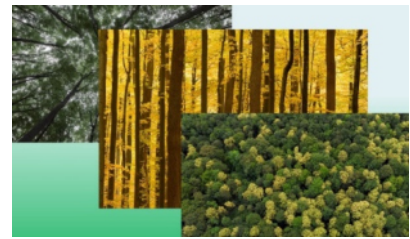


Es fällt auf, dass alle „Baustellen“ zeitgleich aktiv sind oder ruhen. Es ist noch unbekannt, wie dabei die Abstimmung der Bienen zwischen den einzelnen „Baustellen“ geschieht.

Organisation des Bienenstaates  
Sprache & Kommunikation  
im Vergleich zu „Schwarmverhalten“

Schwarmverhalten:

Die Honigbiene ist ein Waldinsekt. Deren Staaten besiedeln typischerweise Baumhöhlen, z.B. die Nistlöcher des Schwarzspechtes.



Ein interessantes Phänomen eines Bienenstaates ist dessen Fortpflanzung. Der Bienenstaat als Ganzes teilt sich schlagartig auf und die neue „Hälfte“ gründet an einem neuen Standort einen neuen Staat. Die Sexualität der Einzellebewesen dient in diesem Zusammenhang lediglich der genetischen Diversifizierung und nicht der eigentlichen Fortpflanzung des ganzen Staates.

Die Halbierung eines ganzen Bienenvolkes und dessen zügige Umsiedlung mit immerhin noch 20.000 einzelnen Bienen legt die Vermutung einer komplexen Organisation und Kommunikation nahe.

Man beobachtet, dass die separierte Staatshälfte mit der alten Königin geschlossen aus der alten Behausung auszieht und sich – als neuer Staat- vorübergehend in der Nähe des alten Bienenvolkes (z.B. an einem Baumstamm) niederlässt, bis eine neue Wohnstätte gefunden wurde. Anschließend zieht der neu gegründete Staat wiederum plötzlich, geschlossen und ohne Umschweife in die neue Behausung ein.

Der Forscher stellt sich folgende Fragen:

Wie findet der Bienenstaat eine passende Behausung?

Wie wird der Umzug organisiert?

Wie werden 20.000 Exemplare in ein handtellergroßes Nistloch geleitet?



Eine genaue Studie zum Vorgehen dieses Staatenumzugs fördert zu Tage, dass vor dem großen Umzug ca. 30 „Pfadfinderbienen“ ausschwärmen und nach möglichen neuen Wohnstätten suchen. Die Suche erfolgt ohne Abstimmung untereinander. Stattdessen bedienen sich die Pfadfinderbienen eines genetisch einprogrammierten Suchmusters für eine optimale Bienenbehausung („Minimalanforderungen“). Die

umfasst im Wesentlichen, dass die Behausung eine ausreichende Größe besitzt, 2-3 m über dem Erdboden liegen soll, trocken sein muss und über eine Öffnung passender Größe verfügen muss.

Erstaunlich ist nun, dass durch dieses Konzept JEDE Pfadfinderbiene auf eigene Faust einen in Frage kommenden Nistplatz findet (bzw. so lange sucht, bis dieser gefunden wurde).



#### Entscheidungsfindung:

Die „Entscheidung“, welcher der Nistplätze nun der bestmögliche ist, wird quasi mit einer besonderen Art der „Abstimmung“ gefunden.

Alle Pfadfinderbienen „erzählen“ per Schwänzeltanz, was sie gefunden haben. Der Schwänzeltanz ist dabei aber keine detailgenaue Beschreibung der Eigenschaften der Behausung. Vielmehr tanzen alle Pfadfinderbienen, wobei weniger „begeisterte“ Bienen ihren Tanz früher beenden als die mehr begeisterten Bienen. Während ihres Tanzes werden Sie von den anderen Pfadfinderbienen „beobachtet“, die dann mehr oder weniger begeistert in den Tanz einstimmen. So „gewinnt“ der Bientanz, der die beste Behausung verspricht.

#### Organisation der Umsiedlung:



Der Begeisterungstanz wird dadurch erweitert, dass die Biene zwischendurch zum Zielbaum fliegt und auf dem Flug mittels einer Drüse (Nasanoff-Drüse) eine Duftspur („Geraniol-Duft“) hinterlässt. Je stärker Sie tanzt und je öfter Sie pendelt, desto deutlicher wird die Duftspur und die Markierung des Zielbaumes mit diesem Duft.

Irgendwann folgt eine rekrutierte zweite Biene, tanzt ebenfalls, fliegt ebenfalls zum Zielbaum. Dann kommt eine dritte Biene hinzu, usw.

Schließlich tanzen und fliegen ca. 30 Bienen und hinterlassen eine Duftmarkierung auf der Flugroute.

Kommunizieren der Anflugstrecke:

Wie teilen 30 Bienen den restlichen 20.000 Bienen den richtigen Weg mit?

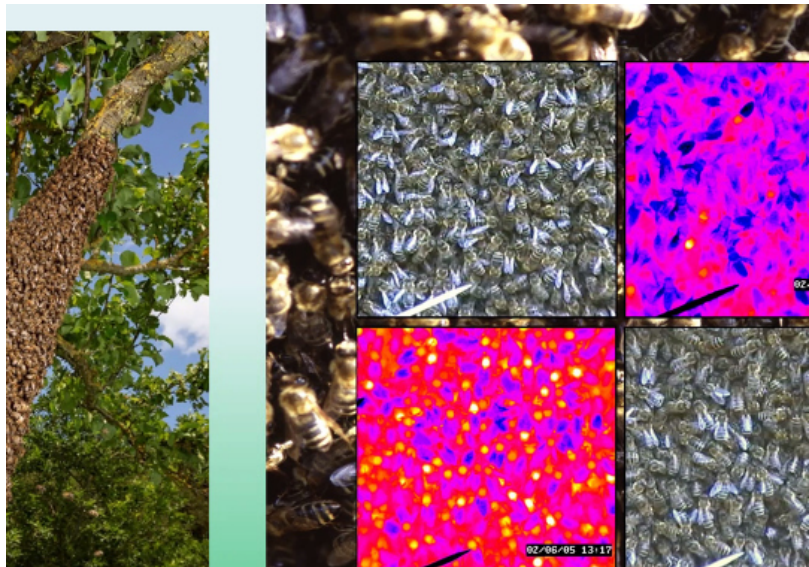
Man beobachtet nun, dass zu irgendeinem Zeitpunkt plötzlich „ALLE“ 20.000 Bienen, quasi gleichzeitig in Richtung der neuen Behausung losfliegen. Die Duftspur ist ja schon grob gelegt. Die Richtung liegt also fest.

Das Startsignal zum Umzug

Der Bienenstaat braucht zur Koordination des gemeinsamen Umzugs erstaunlicherweise keine komplexen Kommunikationsstrukturen. Die Bienen, die den Zielbaum kennen und dafür im Tanz geworben haben, erzeugen bei ihrem Tanz ein leises Piepsen, das mit einem Mikrophon im Bienenschwarm nachgewiesen werden kann.

„angefiepte“ Bienen erhöhen daraufhin ihre eigene Körpertemperatur, während die piepsenden Bienen sich weiter durch den Bienenschwarm zwängen. Insgesamt erhöht sich nun die Temperatur im gesamten Bienenschwarm, bis der ganze Schwarm ca. 35 Grad Temperatur erreicht hat.

Jetzt löst sich der komplette Schwarm auf, während die 30 Bienen zur neuen Behausung hin und her pendeln und dabei weiterhin den Weg mit Duftstoffen markieren.



Die Bienentraube fliegt dann den Duftstoffen entlang zu ihrem neuen Ziel

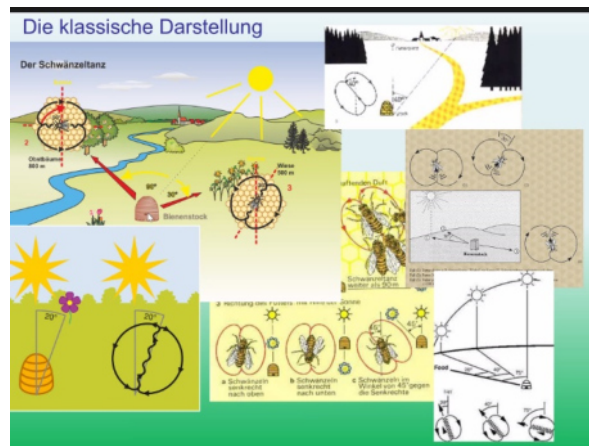
Futterplatzkommunikation als Schwarmverhalten?

Wenn die Natur der Bienen ein funktionierendes System „Schwarmverhalten“ etabliert hat, so stellt sich die Frage, warum sich in der Evolution ein unabhängiges System zur Information bzgl. neuer Futterplätze (die Sprache der Bienen: „Schwänzeltanz“) durchsetzen konnte. Kann es sein, dass ein spezieller Blumenwiesen-Schwänzeltanz gar nicht notwendig ist bzw. dass er in der derzeit gelehrten Form gar nicht existiert?

Wir alle kennen aus dem Biologieunterricht den Schwänzeltanz der Bienen. Der Schwänzeltanz scheint demnach eine exakt kodierte Wegbeschreibung vom Bienenstock zum Futterplatz zu sein, der den Winkel der Flugbahn und die Entfernung zum Futterplatz mitteilt.

Die Bienen kommunizieren mittels Schwänzeltanzes die Entfernung und den Richtungswinkel zwischen Bienenstock und Futterplatz. Die Entfernung wird 1:1 durch die Dauer des Schwänzeltanzes abgebildet.

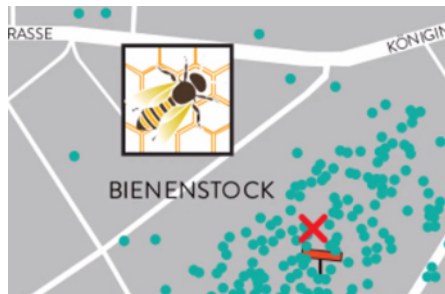
Nachforschungen ergeben, dass zum Teil stark unterschiedliche Schwänzeltänze zum selben Ziel



„zeigen“ und dass der Schwänzeltanz nicht exakt genug ist, um genau zu einem Ziel zu führen. Obwohl der Tanz derart „schlampig“ ist, beobachten wir, dass nachfolgende Bienen das birdeckelgroße Ziel bis in 10 km Entfernung exakt anfliegen.

Weitere Untersuchungen vergleichen die Ungenauigkeiten des Schwänzeltanzes mit den möglichen Zielkoordinaten und mit der Anzahl der Tiere, die das richtige Ziel direkt ansteuern.

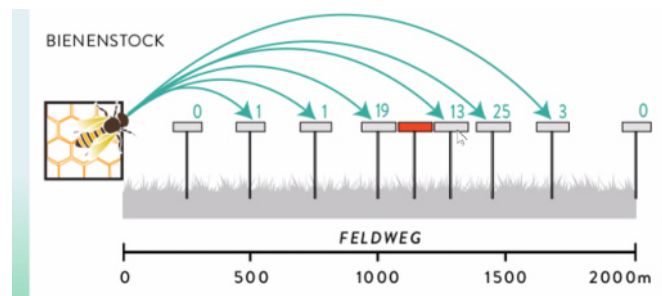
Eine Kartierung eines Versuchsaufbaus in Berlin zeigt die möglichen (grünen) Zielkoordinaten aufgrund des ungenauen Schwänzeltanzes, der das 300m entfernte Ziel (rote Fahne) beschreiben soll.



Trotz der großen Streuung ergibt sich, dass der Mittelwert aller Tänze (rotes Kreuz) nahe am richtigen Zielpunkt liegt.

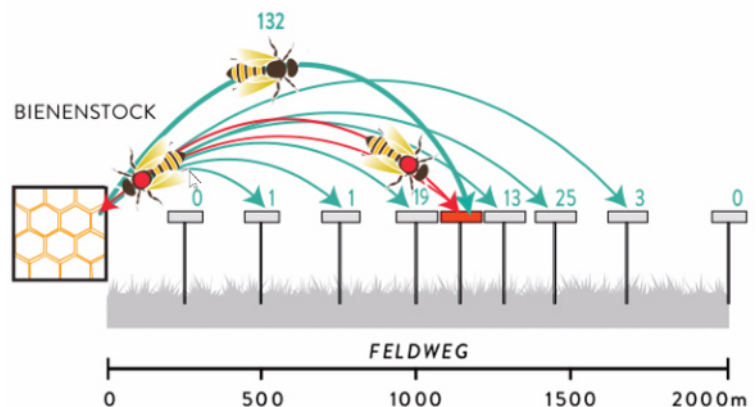


Problematisch dabei ist, dass die einzelne Biene hat keinen Überblick über alle von anderen Bienen aufgeführten Tänzen hat. Die Einzelbiene kann keine statistischen Berechnungen anstellen, wie es der Forscher kann.



Ein anderes Versuchsergebnis führt auf die richtige Spur. Zählt man Rekruten, die an Kontrollstationen rund um eine Futterstelle eintreffen, so stellt man fest, dass umso mehr Bienen ankommen, je näher die Kontrollstation am Futterplatz liegt. Das spricht zunächst für das klassische Modell der Tanzsprache, nachdem die Rekruten alleine aus der Tanzinformation das Ziel aufsuchen, die Bienen an den Kontrollstationen das Ziel dann nur mehr oder weniger knapp verpasst haben.

Das Originalprotokoll eines Feldversuchs ergibt jedoch einen deutlichen Hinweis darauf, was tatsächlich geschieht



132 Bienen fliegen den richtigen Futterplatz direkt an, landen also genau dort, wo auch die erfahrenen Bienen landen, die im Stock getanzt hatten. Auch dieses Ergebnis fordert ein Überdenken des bisherigen Modells, in dem eine Verständigung und Zielführung zwischen den Bienen im Feld nicht vorkommt. Wir kennen aus der wissenschaftlichen Forschung natürlich auch andere Fälle, bei denen eine ursprüngliche Erklärung zugunsten einer, meist einfacheren Erklärung, revidiert werden musste. Der Astronom Kopernikus z.B. lieferte mit seinem Weltbild eine exaktere und einfachere Möglichkeit, die Sternbewegungen am Firmament zu beschreiben.

Professor Tautz stellt eine neue Hypothese zur Diskussion.

Die Beschreibung der neuen Futterplätze der Bienen findet nicht, wie bisher vermutet, mittels detaillierter Flugroutenbeschreibung durch den Schwänzeltanz statt, sondern lehnt sich an das Konzept der Fernorientierung an, wie sie z.B. bei Zugvögeln in der Ornithologie erforscht worden ist. Schwalben kehren trotz einer Entfernung von über 100km problemlos in den ursprünglichen Kuhstall zurück. Für Bienen sollte es dann ebenfalls möglich sein, eine exakte Zielerreichung bei bis zu 10km Entfernung zu bewältigen.

Die Fernorientierung erfolgt in 3 Stufen

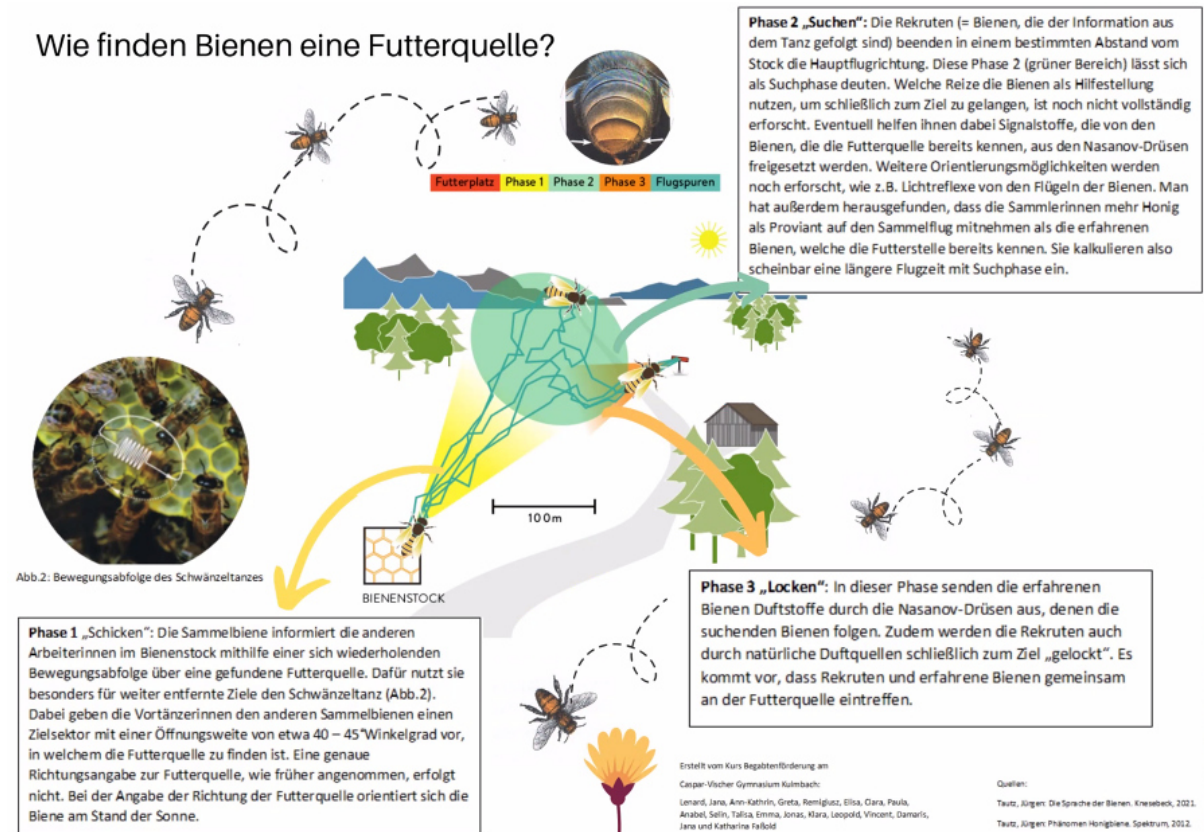
1. grobe Winkelangabe („Zielsektor“)
2. im Zielsektor weitere Zielfindungshilfen suchen
3. exakte Hinführung zum Ziel

Die Suchhilfen im groben Anflugsektor werden durch erfahrene Bienen und die Düfte der Blüten bereitgestellt. Erfahrene Sammelbienen pendeln wie - beim Schwarmverhalten- zwischen Bienenstock und Ziel hin und her. Wie die Verständigung zwischen den erfahrenen Bienen und den Neulingen auf dem Weg zum Ziel ist, ist derzeit noch nicht erforscht. Auch ist unbekannt, ab welchem Streckenabschnitt auf dem Flug





zum Ziel sich erfahrene und unerfahrene Bienen zusammenfinden. Auf jeden Fall spielen Duftstoffe aus den Nasanov-Drüsen eine wesentliche Rolle.



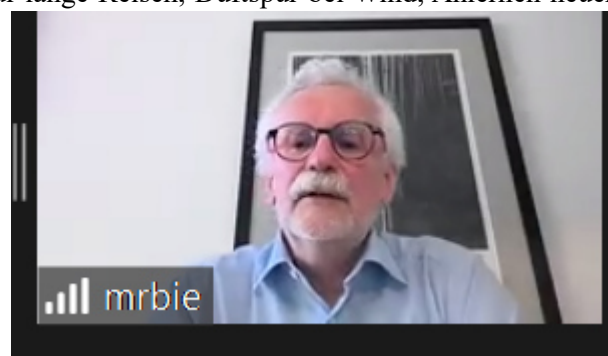
Erwartungsgemäß entbrannte in der Fragerunde zum Anschluss an den online-Vortrag ein reger und umfangreicher Informationsaustausch zu Details der Bienenforschung einerseits und des Umgangs der Wissenschaftsgemeinde mit konkurrierenden Theorien andererseits.

Die Diskussion rankte um Stichworte wie „Wissen von heute, ist der Irrtum von morgen“, Bitlänge des Schwänzeltanzes, „Betankung“ der Suchbienen für lange Reisen, Duftspur bei Wind, Anlernen neuer Bienen, Wabenbau entgegen der Schwerkraft, Bohrsches Atommodell vs. Quantenphysik, Wegkreuzung versch. Bienenvölker, Bienensterben durch Stress, Glyphosat und Wildbienen, Varoa-Milbenbefall, Imker, Bienenhaltung und gesetzlicher Grundstückszugang, u.v.m.

Das Hochrheinseminar bedankt sich herzlich für den sehr anregenden Vortrag von Professor Tautz

Literaturhinweis:

Jürgen Tautz: Die Sprache der Bienen, Kneesebeck 2021.



## Fluch der Dimensionen

Prof. Dr. Michael Junk,

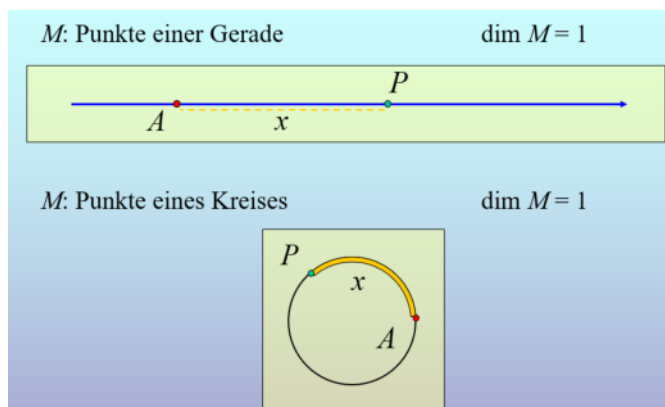
Fachbereich Mathematik und Statistik, Universität Konstanz

11.03.2022

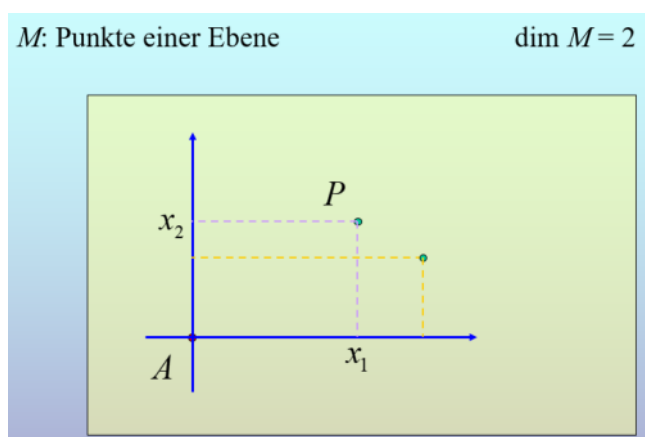
Wie kann die Erdkugel in einen hochdimensionalen Würfel mit Kantenlänge 1 cm eingebettet werden? Diese und weitere Fragen rund um den Dimensionsbegriff wird uns Herr Prof. Junk heute während seines Vortrages "Fluch der Dimension" beantworten.

Zunächst gilt es den Dimensionsbegriff zu klären. Wieso nennen wir unseren Raum dreidimensional? Schnell ist klar, dass wir im Raum drei Angaben benötigen, um einen Punkt bzw. eine Position eindeutig festzulegen. Oder mathematisch ausgedrückt: Wenn  $M$  eine Menge beschreibt, dann beantwortet  $\dim M$  die Frage: Wie viele Zahlen braucht man mindestens zur eindeutigen Festlegung jedes Elements von  $M$ ?

Beschreibt zum Beispiel  $M$  die Punkte einer Geraden oder eines Kreises, so reicht eine Angabe aus, um die Lage des Punktes eindeutig festzulegen,  $\dim M$  wäre somit gleich 1.



Um dagegen die Punkte einer Ebene eindeutig festzulegen, sind zwei Angaben erforderlich:



Für die Punkte im Raum wäre dann die naheliegende Schlussfolgerung  $\dim M = 3$ .

Doch Professor Junk stellt die provokante Hypothese auf, dass die Position eines Punktes im Raum durch *eine* Zahl eindeutig festgelegt werden kann. Und tatsächlich finden die zunächst skeptischen Zuhörerinnen und Zuhörer im Austausch mit Herrn Junk eine Möglichkeit, die Information von drei Zahlen (Koordinaten eines Punktes im Raum) in eine Zahl zu packen:

$$P = (3.18511, 0.39766, 1.88211)$$

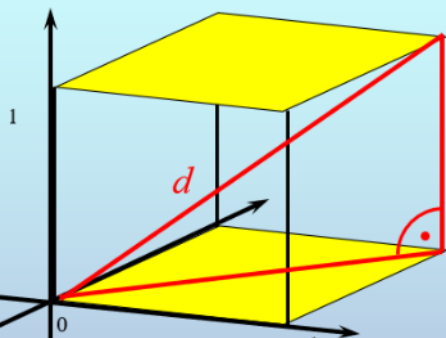
$$s = 301.138898572161161$$

... *eine* Zahl legt jedes Element eindeutig fest

Ist unser Raum nun eindimensional? Mit dem Zahlenbeispiel wird deutlich, dass die oben beschriebene Definition des Dimensionsbegriffs ungeeignet und der Begriff selbst also gar nicht so simpel ist. Professor Junk teilt mit, dass es tatsächlich viele verschiedene Definitionen für den Dimensionsbegriff gibt und erläutert nun die Geometrie in höheren Dimensionen am Beispiel des Würfels:

Der 1D Würfel beschreibt das Intervall zwischen 0 und 1. Die größte Entfernung im 1D Würfel ist somit  $d = 1$ . Der 2D Würfel lässt sich aus dem 1D Würfel konstruieren, in dem man den 1D Würfel im Abstand 1 in senkrechter Richtung dupliziert und alle entsprechenden Punkte miteinander verbindet. Man erhält das Quadrat mit Seitenlänge 1. Die größte Entfernung im 2D Würfel entspricht der Diagonalen im Quadrat und somit nach Pythagoras  $d = \sqrt{2}$ . Auf die gleiche Weise wird nun der 3D Würfel aus dem 2D Würfel konstruiert:

**Konstruktion des 3D Würfels aus dem 2D Würfel**



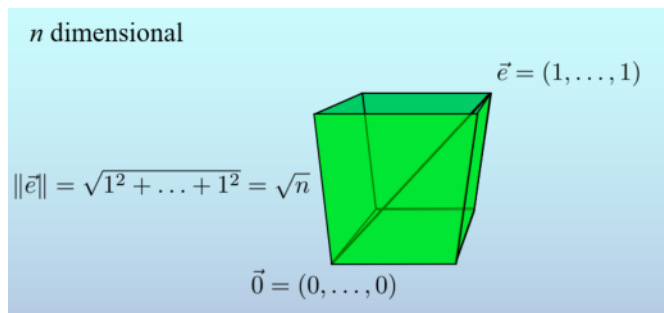
a) Dupliziere Würfel im Abstand 1 in senkrechter Richtung

b) Verbinde entsprechende Punkte

größte Entfernung im Würfel: *Diagonale*

Pythagoras:  $d^2 = \sqrt{2}^2 + 1^2 = 2 + 1 = 3 \Rightarrow d = \sqrt{3}$

Die Konstruktion "Verdoppeln – Verbinden" lässt sich (gedanklich) beliebig weiterführen.



Dabei stellt man fest: Die Diagonale im Einheitswürfel wird immer länger. Setzt man dieses Gedankenspiel fort, lassen sich verschiedene Objekte in einen Würfel mit Kantenlänge 1cm einer bestimmten Dimension verpacken. Sogar die Erdkugel kann in einen Würfel der Dimension  $4 \cdot 10^{18}$  eingebettet werden!

In einen Würfel mit Kantenlänge **1cm** passt ...

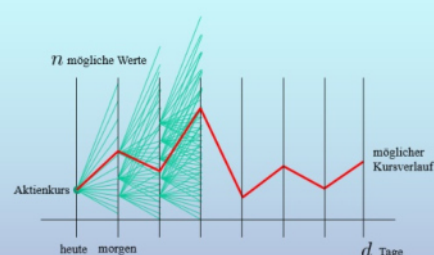
|                      |                   |
|----------------------|-------------------|
| eine Nadel           | in Dimension 9    |
| ein Kugelschreiber   | in Dimension 178  |
| ein Spaghetti        | in Dimension 676  |
| eine Silvesterrakete | in Dimension 4225 |

Kommen höhere Dimensionen in der Praxis vor? Professor Junk beantwortet diese Frage mit einem deutlichen ja und liefert uns einige Beispiele:

Die Menge aller Schokoladentafeln hat zum Beispiel die Dimension 4, wenn man davon ausgeht, dass zur Beschreibung der unterschiedlichen Schokoladentafeln vier Zahlen (vier Hauptzutaten Zucker, Kakaobutter, Kakaomasse, Milchpulver) benötigt werden. Die Menge "Lagerbestände der Aldi-Filialen" hat sogar die Dimension 1300 und die Menge der Beamerbilder die Dimension 2.360.000: Für jedes Pixel 3 Zahlen (r,g,b) und es sind 1024x768 Pixel! Selbst unendlich-dimensionale Mengen sind keine Seltenheit – ein prominentes Beispiel ist die Menge aller Funktionen im Intervall  $[0;1]$ .

Den "Fluch der Dimension" erläutert Professor Junk an einem Beispiel aus der Finanzmathematik. Wenn wir den Wert von Aktien über  $d$  Tage verfolgen, dann brauchen wir  $d$  Zahlen um den Verlauf zu beschreiben. Die Menge der Aktienverläufe ist also  $d$ -dimensional. Möchten wir nun Berechnungen über das erwartete Verhalten einer Aktiensorte durchführen, so werden Annahmen über die Entwicklung der Aktie benötigt. Basierend auf Daten aus der Vergangenheit kann man zum Beispiel annehmen, dass eine Aktie von einem Tag auf den

Beispiel aus der Finanzmathematik: Aktienkurse



$$N = n^d \quad \text{Summanden in} \quad \bar{B} = \frac{B(k_1) + \dots + B(k_N)}{N}$$

nächsten jeweils eine von  $n$  möglichen Wertänderungen erfährt. In unserem  $d$ -dimensionalen Raum gibt es dann insgesamt  $n^d$  mögliche Aktienverläufe. Wird jedem möglichen Kursverlauf eine Bewertung zugordnet und daraus die durchschnittliche Bewertung (Erwartungswert) ermittelt, muss also eine Summe mit  $n^d$  Summanden berechnet werden:

Der „Fluch“ der Dimension steckt nun in der exponentiellen Abhängigkeit der Rechenzeit von der Dimension. An einigen Rechenbeispielen macht Professor Junk deutlich, dass schon für recht kleine Dimensionen (Aktienverlauf über 12 Tage – also nicht einmal zwei Wochen) bei 100 Änderungsmöglichkeiten pro Tag die Berechnung des Erwartungswertes in der beschriebenen Form zu viel Zeit in Anspruch nehmen würde bzw. die Berechnung zeitlich gar nicht gelingen könnte.

**Wann muss die Rechnung starten, um jetzt fertig zu sein?**

(bei  $n=100$  und 1 Mikrosekunde pro Funktionsauswertung)

**In Dimension 12: vor dem Urknall**

Professor Junk teilt uns aber mit, dass man den "Fluch der Dimension" brechen kann. Es gibt Simulationsverfahren, die eine gute Approximation für den Erwartungswert liefern können (z.B. Monte Carlo Integration), sodass auch Berechnungen über viel längere Zeiträume möglich sind. Der Trick ist dabei, aus der großen Zahl von Summanden die „typischen“ Werte zu benutzen und die unwahrscheinlichen zu vernachlässigen.

Das Hochrhein-Seminar bedankt sich herzlich für den sehr interessanten und spannenden Vortrag!

## Vortragsreihe der Unter- und Mittelstufe

Die Vorträge fanden jeweils an einem Freitag von 15:00 – 16:30 Uhr statt. Leider konnten zwei von drei geplanten Vorträgen pandemiebedingt nicht durchgeführt werden.

### Große Zahlen multiplizieren

Prof. Dr. Oliver Schnürer

Universität Konstanz, Fachbereich Mathematik und Statistik

26.11.2021

Große Zahlen miteinander zu multiplizieren kann sehr rechenaufwendig sein und viel Zeit in Anspruch nehmen. Welche Tricks und Methoden gibt es, um solche Multiplikationen möglichst schnell durchführen zu können und wofür ist das nützlich? Der Beantwortung dieser Fragen widmet sich Herr Oliver Schnürer von der Universität Konstanz in seinem heutigen Vortrag.

Zu Beginn stellt Herr Schnürer einen Trick vor, wie sich z.B. das Produkt  $19 \times 21$  schnell berechnen lässt: Die Faktoren lassen sich auch schreiben als  $(20 + 1)$  und  $(20 - 1)$ . Multipliziert man dann schließlich beide Klammern miteinander, erhält man  $20 \times 20 - 1 \times 20 + 1 \times 20 - 1 \times 1$ . Da sich  $(-1 \times 20 + 1 \times 20)$  aufheben, ist das Ergebnis von 399 schnell berechnet.

Heutige Verschlüsselungsverfahren nutzen häufig große Primzahlen. Um Nachrichten schnell ver- und entschlüsseln zu können, ist ein Algorithmus für das schnelle Multiplizieren großer Zahlen notwendig. Der russische Mathematiker Anatoli Alexejewitsch Karazuba entwickelte um 1960 einen solchen schnellen Multiplikations-Algorithmus. Dieses nach ihm benannte Karazuba-Verfahren erläutert Herr Schnürer zunächst beispielhaft an der Multiplikation der beiden Zahlen 1435 und 3998. Die beiden Zahlen lassen sich jeweils als Summe von Zehnerpotenzen schreiben:  $1435 = 1 \times 10^3 + 4 \times 10^2 + 3 \times 10 + 5$  und  $3998 = 3 \times 10^3 + 9 \times 10^2 + 9 \times 10 + 8$ . Das Multiplizieren der jeweiligen Summanden lässt sich dann mithilfe der Potenzgesetze schnell berechnen:

$$1435 = 1 \times 10^3 + 4 \times 10^2 + 3 \times 10 + 5$$

$$3998 = 3 \times 10^3 + 9 \times 10^2 + 9 \times 10 + 8$$

$$1435 \times 3998 = 1 \times 3 \times 10^6 + 1 \times 9 \times 10^5 + 1 \times 9 \times 10^4 + 1 \times 8 \times 10^3 + \dots \text{ usw.}$$

Herr Schnürer formuliert dieses Vorgehen nun allgemein für Zahlen der Länge 2:

Zahl 1:  $Y = A \times 10 + B$ . Ist z.B.  $Y = 78$ , so lautet die Zerlegung  $78 = 7 \times 10 + 8$

Zahl 2:  $Z = C \times 10 + D$

$$\begin{aligned} Y \times Z &= (A \times 10 + B) \times (C \times 10 + D) \\ &= A \times C \times 10^2 + A \times D \times 10 + B \times C \times 10 + B \times D \\ &= A \times C \times 10^2 + (A \times D + B \times C) \times 10 + B \times D \end{aligned}$$

Eine Multiplikation der zweistelligen Zahlen Y und Z wird in vier Multiplikationen einstelliger Zahlen zerlegt und diese Ergebnisse werden addiert. Außerdem lässt sich weiter erkennen:

$$(A + B) \times (C + D) = A \times C + A \times D + B \times C + B \times D$$

Beim Multiplizieren kommt es also darauf an, die drei Ausdrücke  $A \times C$ ,  $A \times D + B \times C$  und  $B \times D$  zu

kennen. Weiteres Umformen liefert außerdem:

$$A \times D + B \times C = (A + B) \times (C + D) - A \times C - B \times D$$

Durch dieses Umformen sind nur drei Multiplikationen erforderlich, was ein Viertel der Multiplikationen einspart.

Das Prinzip dieser "Zahlenzerlegung" kann fortgeführt und für die Multiplikationen größerer Zahlen in einer Form wie  $12345678 = 1234 \times 10^4 + 5678$  angewendet werden. Die Zeitersparnis steigert sich dabei umso mehr, je größer die zu multiplizierenden Zahlen sind, so liefert das Verfahren bei einer sechsmaligen Aufteilung der Zahlen eine Verkürzung der Rechenzeit gegenüber der üblichen schrift-

lichen Multiplikation von etwa  $\left(\frac{3}{4}\right)^6$ .

Im zweiten Teil seines Vortrages erläutert Herr Schnürer ein Verfahren, mit dem sich überprüfen lässt, ob eine Zahl eine Primzahl ist oder nicht.

Dazu beginnt er mit folgendem Beispiel: Für eine Perlenkette stehen 17 (p, Primzahl) Perlen in 4 (a) verschiedenen Farben zur Verfügung. Wie viele verschieden farbige Perlenketten lassen sich damit zusammenbauen? Wie viele Ketten sind einfarbig? Nach Drehung um wie viele Perlen sieht die Kette wieder gleich aus?

Gemeinsam mit Herrn Schnürer finden die Teilnehmer/innen Antworten auf diese Fragen und kommen zu folgendem Fazit: Es gibt  $a^p - a$  bunte Ketten, aufteilbar in gleichgroße Gruppen mit je p Ketten, also teilt p die Differenz  $a^p - a$ .

Mit Hilfe dieser Überlegungen kann man z.B. sehr schnell beweisen, dass eine bestimmte Zahl keine Primzahl ist, wenn die oben genannten Bedingung eben nicht zutrifft. Herr Schnürer veranschaulicht dies zum Schluss für die Zahl 91.

Das Hochrhein-Seminar bedankt sich für den interessanten und anspruchsvollen Vortrag.

## Grundfragen der Kartografie und der Geoinformation

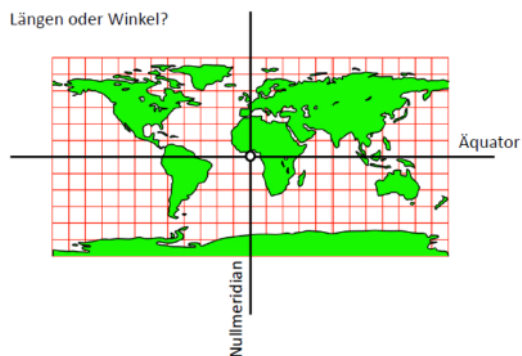
Dr. Hans Walser, Institut für Kartografie und Geoinformation ETH Zürich

14. Januar 2022

(online)

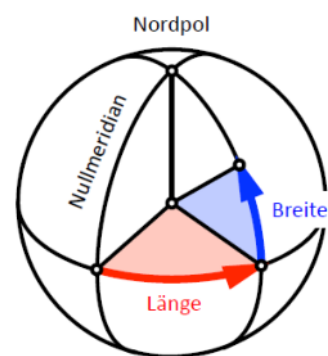
"Wir bauen eine Würfelwelt" - gleich zu Beginn teilt uns Herr Walser das Ziel des heutigen Vortrages mit. Doch bevor es mit dem "Bauen" losgehen kann, gilt es einige Fragen und Begriffe der Geoinformation und der Kartografie zu klären. Was ist z.B. das  $47^{\circ}37'52''\text{N} / 8^{\circ}16'29''\text{O}$  ?

Dem ein oder anderen sind solche Daten vielleicht schon beim Programmieren des Navigationssystems im Auto begegnet. Es handelt sich um eine Ortsbezeichnung durch die Angabe der geografischen Länge und Breite. Die Längengrade verlaufen durch die beiden Pole. Der Nullmeridian wurde willkürlich als derjenige Längengrad festgelegt, der durch die Sternwarte Greenwich bei London geht. Von dort aus gibt es 180 Längengrade in östlicher und westlicher Richtung. Die Breitengrade werden vom Äquator aus gezählt, die Pole liegen bei  $90^{\circ}$  Nord und Süd.



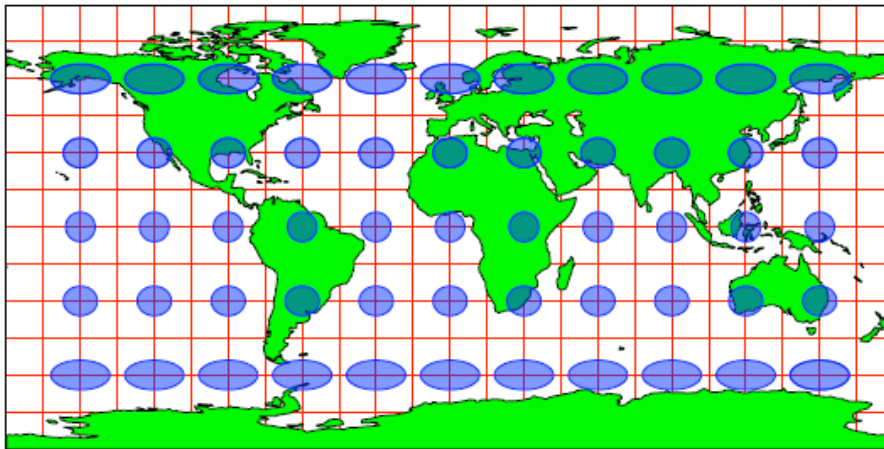
Die genannten Koordinaten beschreiben die Lage der Mensa des Klettgau-Gymnasiums in Tiengen, wo der Vortrag ursprünglich stattfinden sollte (und wegen Corona nun aber digital durchgeführt wird...).

Herr Walser erläutert, dass es keine Karte der Erde gibt, die diese exakt abbildet. Durch die Projektion der Erdkugel auf die ebene Fläche kommt es zu Veränderung von Strecken und Winkeln, die man als Verzerrung bezeichnet. Ein kreisrunder Swimmingpool würde z.B. im Norden und Süden wie eine Ellipse aussehen.

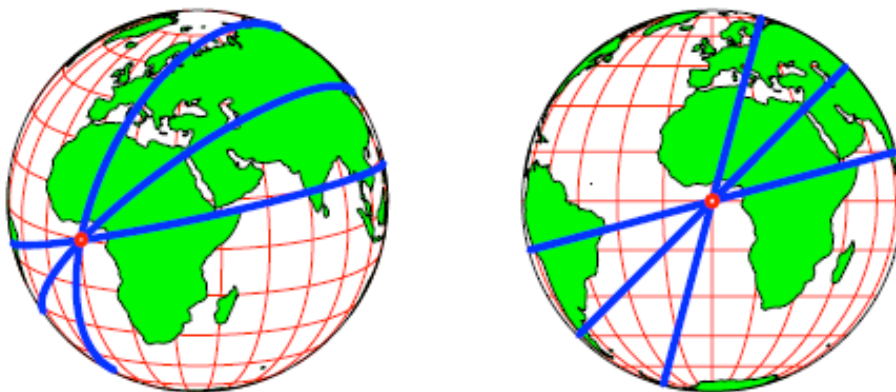




## Verzerrungen



## Großkreise statt Geraden. Kürzeste Verbindung

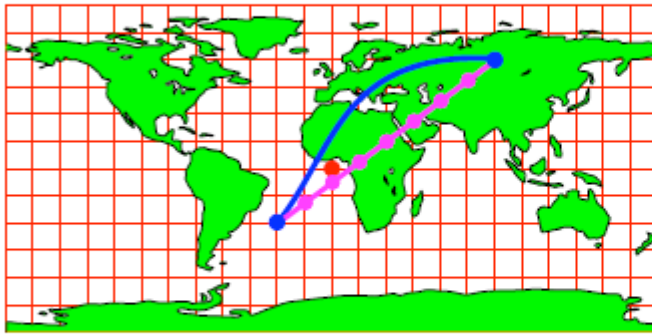


## Blick von der Seite

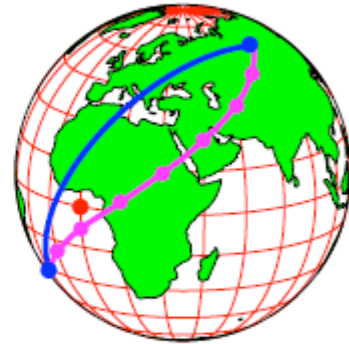
Können wir auf einer Kugel geradeaus gehen? Herr Walser zeigt uns, dass man auf einer Kugel (bzw. Erde) nur dann geradeaus laufen kann, wenn man sich auf sogenannten Großkreisen bewegt. Das sind die Kreise auf der Erdoberfläche, deren Mittelpunkte auch der Mittelpunkt der Erdkugel ist. Der kürzeste Weg zwischen zwei Punkten A und B auf der Erdoberfläche liegt auf dem Großkreis durch A und B. "Geradeaus" auf einer Kugel ist also ein Kreis, keine Gerade.

Projiziert man die Großkreise auf eine Landkarte, stellt man fest, dass die Linie für den kürzesten Weg auf der Landkarte einen "geschwungenen" Verlauf hat.

## Kürzeste Verbindung zwischen den blauen Punkten

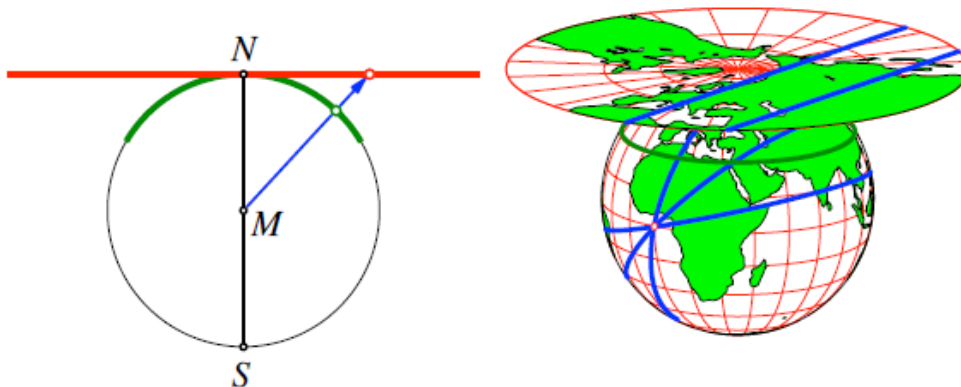


Kürzeste Verbindung auf der Karte



Auf der Kugel

Gibt es eine Karte, bei der die kürzeste Verbindung tatsächlich als Gerade erscheint?  
Herr Walser erläutert, dass dies mit der sogenannten Zentralprojektion gelingt, bei der das Projektionszentrum im Erdmittelpunkt liegt. Diese Projektion bildet alle Großkreise als Geraden ab.



Durch eine solche Projektion lässt sich die wirkliche Welt auf einen Würfel abbilden. Mithilfe der Bastelvorlage dürfen nun alle Teilnehmer eine Würfelwelt basteln.

### Die Welt als Würfel



Das Hochrhein-Seminar bedankt sich herzlich für den sehr interessanten, engagierten und anschaulichen online-Vortrag.

## ***Exkursionen***

### **Studienfahrt der Oberstufe**

München vom 25.1.-29.1.2021

Die geplante mehrtägige Studienfahrt der Oberstufe nach München musste leider wegen der Coronapandemie entfallen.

Glücklicherweise konnten wir auf ausstehende Einladungen über Dr. Feller zum Functional Genomics Center (Prof. Schlapbach) und aus unserem online-Vortrag vom 20.11.2020 zum Multi-Scale Robotics Lab (Prof. Nelson, Prof. Pané i Vidal) aufgreifen.

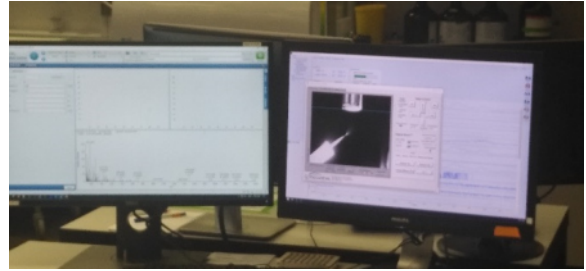
Beide Besuche konnten wir am 1.7.2022 zu einer Tagesexkursion nach Zürich verbinden.

### ***Functional Genomics Center (FGCZ)***

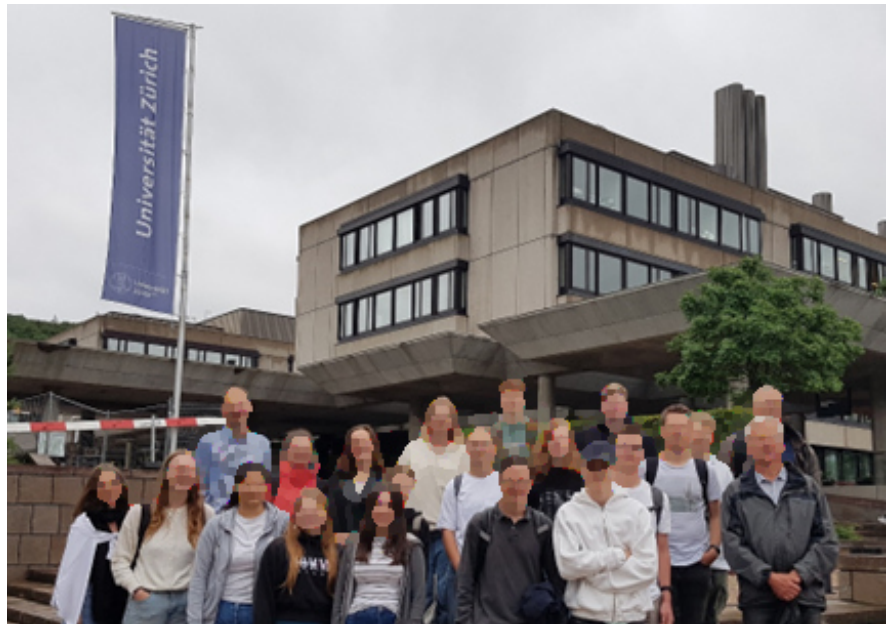
Am 01.07.2022 unternahmen die AGs Molekularbiologie und Informatik eine Exkursion zum Functional Genomics Center (FGCZ) der Universität Zürich und der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETH).

Das FGCZ ist eines der bedeutendsten Labore Europas für OMICS-Technologien. Ziel dieser OMICS-Methoden ist die Messung aller Nukleinsäuren (Genomics), Proteine (Proteomics) und Metabolite (Metabolomics) einer Zelle oder eines Gewebes. Diese OMICS-Methoden bilden die Grundlage moderner Genomforschung sowie deren Anwendungen im Bereich der (personalisierten) Medizin.

Über 60 Wissenschaftler am FGCZ unterstützen mit modernsten DNA-Sequenziermaschinen und Massenspektrometern über 300 neue Forschungsprojekte pro Jahr. Neben Projekten zur Grundlagenforschung stehen in den letzten Jahren auch neue Messmethoden für die Personalisierte Medizin sowie das Sequenzieren von Coronaviren im Vordergrund. Das Ziel der Personalisierten Medizin ist es, dass zuerst so genau wie möglich die molekularen Ursachen der Erkrankung eines Patienten untersucht werden, um mit diesen Erkenntnissen eine individuellere und präzisere Therapie zu wählen.



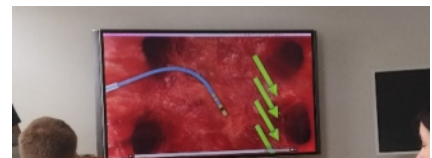
Diese 1-tägige Exkursion bot drei spannende Laborführungen und interessante Diskussionen mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern.



### ***MSRL (Multi Scale Robotic Lab (MSRL) der Universität Zürich***

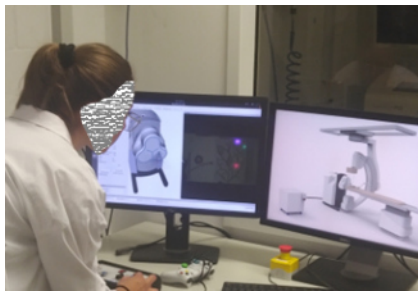
Das MSRL (Multi Scale Robotic Lab) forscht im Bereich der minimal invasiven Medizin. Es geht darum medizinische Eingriffe im Körper so schonend wie möglich zu gestalten. Bei einem chirurgischen Eingriff soll möglichst wenig gesundes Gewebe zerstört bzw. verletzt werden. Bekannt ist dieses Prinzip schon seit einigen Jahren unter dem Begriff Schlüssellochchirurgie. Durch kleine Öffnungen werden Katheter (dünne Röhren) in den Körper eingeführt. Durch diese Röhren gelangen die chirurgischen Instrumente (z. B. kleine Scheren) an das beschädigte Körpergewebe.

Das MSRL möchte diese Vorgehensweise noch verbessern. Die Spitze des Katheters soll mit Hilfe von Elektromagnetischen Feldern an die gewünschte Stelle des Körpers gelenkt und gezogen werden. Es ist möglich, dass durch eine kleine Öffnung in einer Arterie am Oberschenkel der Katheter eingeführt wird und durch magnetische Felder gesteuert, bis ins Innere des Herzens gezogen wird. Die grundsätzliche Verbesserung



liegt darin, dass die Spitze des Katheters wie ein **Roboter** durch das verzweigte Netz der Blutbahnen gelenkt und gezogen werden kann. Mit dieser Technik könnte im Prinzip jede beliebige Stelle im Körper erreicht werden. Bisher werden die Katheter nur geschoben, aber es ist so sehr schwierig bei einer Abzweigung die richtige Route zu treffen.

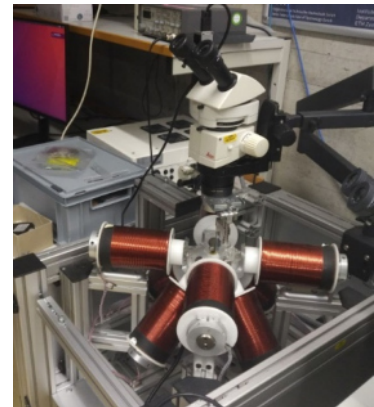
Die Abbildung zeigt ein Kunststoffmodell der Blutbahnen. Der Katheter (schwarzes Röhrchen) befindet sich beim unteren grünen Leuchtpunkt. Die Teilnehmer konnten an diesem Modell mit einem Joystick den Katheter steuern und versuchten alle rot leuchtenden Punkte zu erreichen. Die grünen Punkte wurden schon erreicht.



Das nebenstehende Bild zeigt eine Teilnehmerin bei der Steuerung des Katheters (Roboters). Die Bewegung des Roboters kann die Benutzerin auf dem linken Bildschirm verfolgen.

Es ist auch möglich kleine Kapseln mit Hilfe des Magnetfeldes zu steuern. Kleine Kapseln können ein Medikament an die gewünschte Stelle im Körper bringen. Die Kapseln bleiben dort, lösen sich auf und geben das Medikament frei.

Das nächste Bild zeigt dazu einen Versuchsaufbau: Die Spulen erzeugen das Magnetfeld. Mit einem Joystick kann die Richtung der resultierenden Kraft aller Magnete verändert werden. Im Zentrum befindet sich das Modell eines Auges. Im Auge befindet sich eine winzige Kapsel, die so an eine beliebige Stelle der Netzhaut herangefahren werden kann.



Insgesamt gibt die ganze Forschung am MSRL doch berechtigten Grund zur Hoffnung auf noch bessere und gezieltere Behandlungsmethoden in der Zukunft.

## Exkursion der Unter- und Mittelstufe

Die Exkursion der Unter- und Mittelstufe in das Naturschutzgebiet Südschwarzwald/Feldberg konnte nach Entspannung der Corona-Situation durchgeführt werden.

Am 6.7.2022 wurden wir also am Haus der Natur auf dem Feldberg von unseren Rangern in Empfang genommen und zu einer 3,5-stündigen Erkundung rund um den Feldberg geführt. Natürlich war diese Wandung mit unzähligen Informationen und Geschichten gespickt.

Anbei einige Rückmeldungen der TeilnehmerInnen.

„Ich fand das Moor allgemein toll, weil der Boden viel Wasser aufnehmen kann, und weil viele Pflanzen dort wachsen (z.B. Fleischfressenden Pflanzen).

Und die Quelle war auch super. (Eigentlich war alles toll.)“

„Ich fand die vielen verschiedenen Pflanzen im Wald toll. Sie bieten vielen Tieren einen geschützten Unterschlupf und eine Nahrungsquelle.“

„Ich fand den Wald allgemein super schön, da man da sieht wie schön die Natur ist. Toll fand ich aber auch die Fleischfressende Pflanze.“

„Ich fand die tolle Aussicht von den Bergen super toll. Aber auch der Wald hat mir unglaublich toll gefallen, weil da kein so festgemachter Weg war sondern einer mit vielen Wurzeln und Steinen.“

„Ich fand den Feldsee und seine Entstehungsgeschichte spannend. Ich fand es auch interessant zu erfahren, wie man versucht seltene Pflanzen wie z.B. das Stachelsporige Brachsenkraut zu schützen. Ich fand es schön die vielen unterschiedlichen Pflanzen zu sehen.“

„Ich fand die Geschichte mit dem Borkenkäfer sehr interessant und auch die vielen seltenen Pflanzen die nur auf dem Feldberg wachsen. Sonst auch noch die schöne Aussicht und der Feldsee.“

„Ich fand die seltenen Pflanzen Interessant. Und die vielen kleinen Insekten auch.“

„Ich fand den Wald super schön, mit vielen Insekten und Pflanzen. Die Aussicht nach unten war ziemlich beeindruckend!“

„Ich fand das Fettkraut ziemlich beeindruckend... eine fleischfressende Pflanze am Feldberg! Mit ihren klebrigen Blättern fängt sie kleine Insekten - guten Appetit!“

